

Untersuchungen über die krankheiten der sorghum-hirse ...

Walter Busse

Arbeiten

aus der

Biologischen Abteilung für Land- und Forstwirtschaft

am

Kaiserlichen Gesundheitsamte.

IV. Band, 4. Heft.

Untersuchungen über die Krankheiten der Sorghum-Hirse.

Ein Beitrag zur Pathologie und Biologie tropischer Kulturgewächse.

Von

Dr. Walter Busse.

Mit 2 Tafeln und 12 Abbildungen im Text.

Berlin.
Verlagsbuchhandlung Paul Parey. * Verlagsbuchhandlung Julius Springer.
1904.

Inhalt.

B. Erkrankungen der Achsen.

Untersuchungen über die Krankheiten der Sorghum-Hirse.

Ein Beitrag zur Pathologie und Biologie tropischer Kulturgewächse.

Von

Dr. Walter Busse.

Mit 1 lithographierten und 1 farbigen Doppeltafel und 12 Textabbildungen.

Einleitung.

Die Krankheiten tropischer Gewächse haben während der letzten Jahrzehnte in immer weiterem Umfange die Aufmerksamkeit der Pflanzer und der Gelehrten auf sich gezogen. Je mehr sich die Überzeugung Bahn bricht, daß eine intensive Kultur auch auf dem Gebiete der tropischen Landwirtschaft die individuelle Behandlung der angebauten Gewächse, ein sorgfältiges Eingehen auf alle ihre Ansprüche und ihre Abhängigkeit von äußeren Faktoren verlangt, und je häufiger große Verluste als Folgen unzweckmäßiger Behandlung der Pflanzen auftreten, desto eifriger widmet man sich der Beobachtung aller anormalen Erscheinungen.

Begreiflicherweise galten diese Bestrebungen bisher vorwiegend den im Plantagenbetrieb gezüchteten Gewächsen und auf lange Zeit hinaus werden Praxis und Wissenschaft mit der Erforschung ihrer Lebenserscheinungen und Krankheiten ausreichend beschäftigt bleiben. Ich erinnere nur an die Kulturen des Kakaos und der Chinarindenbäume, in denen sich neuerdings tierische und pflanzliche Schädlinge in besorgniserregender Weise bemerkbar machen: die Kenntnisse der Kakao-Krankheiten stehen noch in den Anfangsgründen und von den Schädigern der Cinchonen wissen wir so gut wie gar nichts.

Wenn es nun auch zunächst im unmittelbaren Interesse des Europäers und des Pflanzers überhaupt liegt, die von ihm selbst ins Leben gerufenen Kulturen nach Möglichkeit zu fördern und sich durch Bekämpfung der Krankheiten der von ihm angebauten Gewächse vor Verlusten zu bewahren, so muß doch zugegeben werden, daß auch die Kulturen der Eingeborenen eine gleichsinnige Aufmerksamkeit in höchstem Maße verdienen. In gerechter Würdigung der Bedeutung, die die Wohlfahrt der Eingeborenen für die kolonisierenden Nationen besitzt, in der Erkenntnis der Tatsache, daß jede wahre Förderung ihrer Lebensinteressen auch den Kolonisatoren zu gute kommt, hat man „die Hebung der Eingeborenen-Kulturen“ in der Verwaltung

unserer afrikanischen Kolonien neuerdings nicht nur zur Devise erhoben, sondern man ist auch mit einer Reihe neuer Einrichtungen bereits in Wirksamkeit getreten, um diese Bestrebungen in die Tat umzusetzen.

Das Gleiche tun die Holländer auf Java. Vom botanischen Garten in Buitenzorg wird z. B. ein eigener Beamter von Zeit zu Zeit in alle Teile der Insel entsendet, um den Reisbau, die wichtigste aller inländischen Kulturen, auf das Vorhandensein von Schädlingen oder auf sonstige Störungen zu untersuchen und die Eingeborenen in der Bekämpfung der Plagen zu unterweisen.

In Ostafrika hat man zunächst mit der Erziehung der Neger zu rationellen Kulturmethoden für die schon eingebürgerten Gewächse und mit der Einführung neuer lohnender Kulturen genügend zu tun; die Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten liegt dort noch in weitem Felde.

Was die Holländer in dieser Richtung mit Malayen, Javanen und Sudanesen erreichen können, wird für uns bei der Indolenz und dem Fatalismus des Negers, der nicht gewohnt ist, über den nächsten Tag hinaus zu denken und zu sorgen, ungleich schwerer zu erreichen sein. Das darf uns aber nicht abhalten, bei Zeiten vorzuarbeiten und mit der Belehrung und Unterweisung der Eingeborenen zu beginnen, zumal nicht selten große wirtschaftliche Werte auf dem Spiele stehen und das Gespenst der Hungersnot mehr als einmal über weite Länderstrecken geherrscht hat. Und man sollte meinen, daß der Neger, namentlich, wenn er selbst einmal bitter Not gelitten hat, allmählich davon überzeugt werden könnte, daß es in der alten sorglosen Weise nicht weiter geht. Gelingt es, die Eingeborenen allgemein zu einer praktischen Ausübung der Landwirtschaft zu erziehen, so werden die intelligenten unter ihnen bei ihrer bekannten scharfen Naturbeobachtung bald einsehen lernen, daß es ihrem eigensten Vorteile entspricht, auch die Krankheiten der von ihnen kultivierten Gewächse zu bekämpfen.

Die Anregung zu den hier mitgeteilten Untersuchungen gewann ich auf meinen während der Jahre 1900 und 1901 ausgeführten Reisen in Deutsch-Ostafrika.[1]) Nicht nur das Bestreben, mit allen Zweigen der Landwirtschaft unserer Kolonie näher vertraut zu werden, und nicht nur das besondere Interesse, das der wichtigsten Getreidepflanze Ostafrikas und des tropischen Afrikas überhaupt galt, führten dazu, die vorliegende Arbeit entstehen zu lassen. Wie im ersten Kapitel näher geschildert werden wird, hatte ich gleich bei Beginn meiner Tätigkeit in Afrika Gelegenheit, mit einer damals außerordentlich heftig auftretenden *Sorghum*-Krankheit bekannt zu werden, wodurch ich geradezu auf diese Fragen hingewiesen wurde, denen ich auch in der Folge meine Aufmerksamkeit dauernd zuwandte. Die eigentlichen Aufgaben meiner damaligen Reisen, das mit diesen verknüpfte Nomadenleben und endlich der

[1]) Die erste, im Auftrage des Kolonial-Wirtschaftlichen Komitees in Berlin unternommene Reise führte durch die zentralen und nördlichen Steppengebiete der Kolonie; darauf bereiste ich im Auftrage des Kaiserlichen Gouvernements die südlichen, zwischen der Ozeanküste und dem Nyassa-See gelegenen Länder. Betreffs der Routen verweise ich auf die im „Tropenpflanzer“ Jahrg. 1900—1902 erschienenen vorläufigen Reiseberichte.

Mangel an Zeit gestatteten allerdings eingehendere Untersuchungen nicht. Vielmehr mußte ich mich darauf beschränken, gelegentliche Beobachtungen in den auf dem Marsche und den Lagerplätzen berührten Getreidebeständen zu machen und Untersuchungsmaterial zu sammeln. Erst die Verleihung des Buitenzorg-Stipendiums setzte mich in den Stand, den Gegenstand derart zu bearbeiten, wie es erforderlich war, um über viele noch schwebende Fragen Aufklärung zu erlangen.

Dank dem bekannten Entgegenkommen der Verwaltung der Buitenzorger Institute konnte ich in dem „Kulturgarten" zu Tjikeumeuh bei Buitenzorg ein größeres Versuchsfeld mit verschiedenen afrikanischen *Sorghum*-Varietäten bestellen. Die dort gezogenen Pflanzen lieferten mir ein reiches Material für pathologische und biologische Studien, die ich während der Zeit von Ende Oktober 1902 bis Ende Februar des folgenden Jahres ausführte.

Als ich dann im Anschluß an meinen Aufenthalt in Buitenzorg im Auftrage des Kaiserlichen Gouvernements von Deutsch-Ostafrika zum zweiten Male die Kolonie besuchte, wählte ich die Getreide-Gebiete bei Soliman-Mamba (Akidat Ilulu) im Hinterlande von Lindi zum Standquartier, wo ich — ausgerüstet mit allen erforderlichen Hilfsmitteln — noch verschiedene Fragen bearbeiten und zugleich meine Buitenzorger Ergebnisse kontrollieren und ergänzen konnte.

Dieses war um so notwendiger, als die aus Afrika eingeführte Hirse in dem ungleich feuchteren Klima von Buitenzorg unter Existenzbedingungen vegetierte, die von den Verhältnissen in den afrikanischen Heimatländern ganz erheblich abweichen. Daher hätte man die in Buitenzorg gewonnenen Resultate nicht ohne weiteres verallgemeinern können. Im einzelnen wird gezeigt werden, wie weit das dennoch möglich ist.

In der vorliegenden Arbeit habe ich versucht, auf wissenschaftlicher Grundlage das Wesen der mir aus eigener Anschauung bekannt gewordenen Krankheiten der *Sorghum*-Hirse zu erläutern. Gleichzeitig ist der praktischen Bedeutung der einzelnen Krankheiten und den etwa zu ergreifenden Bekämpfungsmaßregeln die erforderliche Berücksichtigung zu teil geworden.

Wohl bin ich mir bewußt, durch diese Arbeit den Gegenstand keineswegs erschöpft zu haben. Doch wird sie vielleicht diejenigen, denen ein längerer Aufenthalt in Ländern der *Sorghum*-Kultur Gelegenheit dazu gibt, veranlassen, weitere Beobachtungen anzustellen und damit die noch bestehenden Lücken auszufüllen.

Es ist mir Bedürfnis, auch hier meinen aufrichtigen Dank auszusprechen für die vielseitige freundliche Unterstützung, die mir bei meinen Arbeiten in Deutsch-Ostafrika von zahlreichen Dienststellen des Kaiserlichen Gouvernements, insbesondere aber von meinem verehrten Freunde, Geh. Reg.-Rat. Dr. Stuhlmann zu teil geworden ist. Das Gleiche gilt dem damaligen stellvertretenden Direktor des Buitenzorger Gartens, Herrn Prof. Dr. van Romburgh und den übrigen Herren Beamten der dortigen Institute, die meine Arbeiten in liebenswürdigster Weise gefördert haben.

A. Erkrankungen der Blattorgane.

I. Die Blattlauskrankheit.

1. Auftreten der Blattläuse in Deutsch-Ostafrika. Die sogenannte „Mafuta-Krankheit".

Im Jahre 1899 trat in Deutsch-Ostafrika eine Krankheit der *Sorghum*-Hirse auf, die nach verhältnismäßig kurzer Zeit in großen Bezirken zum Gegenstande der Beunruhigung und Sorge wurde.

Als Kennzeichen der Seuche machten sich zuckerhaltige Ausscheidungen auf Blättern und Stengeln, meist mit nachfolgenden schwarzen, rußartigen Überzügen, stets aber mit gleichzeitig auftretenden mehr oder weniger starken Rotfärbungen der Blätter und Blattscheiden bemerkbar. Die honigartigen Ausschwitzungen brachten der Krankheit bei den Eingeborenen die Namen „mafuta" (= Öl) oder „assali (= Honig) ein,[1]) während die Europäer der Küstenstädte, veranlaßt durch gewisse äußere Ähnlichkeiten mit dem Getreiderost, insbesondere die Bildung rostfarbener Flecken auf den Blättern, der Krankheit meist die Bezeichnung „Rost" beilegten.

Nach den übereinstimmenden Aussagen der Eingeborenen von Kilossa und in den beiden Südbezirken Kilwa und Lindi war die Seuche im Jahre 1899 zum ersten Male aufgetreten. Allgemeine Beachtung fand sie jedoch erst bei ihrem erneuten Auftreten im folgenden Jahre, als gleichzeitig aus verschiedenen Landschaften der Kolonie, namentlich aus den südlichen Bezirken Lindi und Kilwa bedeutende Ernte-Ausfälle gemeldet wurden, die streckenweise sogar von Hungersnot begleitet waren und die man allgemein mit jener Krankheit in Verbindung zu bringen geneigt war.[2])

Auf meiner ersten Expediton im Sommer 1900 wurde ich noch mit den Folgeerscheinungen der „Mafuta-Krankheit" bekannt, über ihre Ursachen und ihren Verlauf dagegen konnte ich mich nicht mehr aus eigener Anschauung unterrichten und im kommenden Frühjahr wurde ich durch den Ablauf meines Urlaubs verhindert, diese Lücke auszufüllen.

Erst der erneute Aufenthalt in Ostafrika im Frühsommer 1903 und die erwähnten Vorarbeiten in Buitenzorg ermöglichten es, Aufklärung über alle schwebenden Fragen zu gewinnen.

Die neuen Untersuchungen ergaben zunächst, was übrigens bei dem bisherigen Mangel an erschöpfenden Studien über den Gegenstand und den sich oft widersprechenden Berichten nicht weiter auffallen darf, daß nämlich der Begriff der „Mafuta-Krankheit" im Laufe der drei Jahre außerordentlich erweitert worden war, natürlich ohne dabei an Klarheit zu gewinnen.

Unter einem und demselben Namen wurden verschiedene — nach Ursache und Wirkung voneinander zu trennende — Erscheinungen zusammengefaßt, und, je komplizierter sich das Bild dadurch gestaltete, um so schwieriger wurde es auch

[1]) Von den Wassukuma im SO des Victoria-Nyanza wird sie angeblich „zezéma" genannt.

[2]) Vergl. „Berichte über Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika", herausgegeben vom Kaiserlichen Gouvernement. Heidelberg (Winter) Bd. I (1902—03) Heft 1 u. 3.

für den Praktiker, sich ein Urteil zu bilden und die etwa zu ergreifenden Gegenmaßregeln ausfindig zu machen.

Wie im Folgenden gezeigt werden wird, sind bei Beurteilung der rätselhaften „Mafuta-Krankheit" — der Erscheinungen sowohl, wie der angeblichen Folgen — Schädigungen durch tierische und pflanzliche Parasiten und klimatische Einflüsse miteinander verquickt worden. Und jeder Kenner des Landes und der Verhältnisse wird zugeben, daß eine scharfe Trennung beider Faktoren in vielen Fällen unmöglich war.

Unter den beteiligten Parasiten der *Sorghum*-Pflanze spielen, wie sich aus den oben erwähnten Symptomen bereits vermuten ließ, Blattläuse (Aphiden) die erste Rolle. Den Eingeborenen, welche sonst die Vorgänge in der Natur so scharf beobachten, war diese Tatsache entgangen; sie berichteten mir allerorts übereinstimmend, daß jene honigartigen Ausschwitzungen von der *Sorghum*-Pflanze selbst herrührten. Nur in wenigen Fällen sprachen sie von „assali ya mungo" (= Honig Gottes) um auszudrücken, daß die ungewohnte Erscheinung übernatürlichen, unerklärlichen Ursprungs sei.

Die Vorstellung eines „vegetabilischen Honigtaus" bei Naturvölkern anzutreffen, darf nicht Wunder nehmen, wenn man bedenkt, daß bei uns in Deutschland die gleiche Anschauung noch bis in die neueste Zeit bestand und sogar hie und da noch besteht.[1])

Die im Lindi-Bezirk ansässigen Maskat-Araber allerdings, denen der Honigtau aus ihrer Heimat wohlbekannt war, gaben an, daß die Erscheinung mit dem Auftreten von gewissen Läusen (arab. „maták") auf den *Sorghum*-Pflanzen zusammenhänge, Insekten, die sich aber nur in Trockenperioden massenhaft entwickelten, durch Regen jedoch abgetötet würden.

Es unterliegt heute keinem Zweifel mehr, daß unter den beim Zustandekommen der Mafuta- oder Assali-Krankheit beteiligten lebendigen Faktoren die Blattläuse an erster Stelle stehen, daß der Komplex von Erscheinungen, den man in Ostafrika mit jenen Namen belegt hat — von einigen irrtümlichen Zusätzen abgesehen — mit der Tätigkeit der Aphiden in ursächlichem Zusammenhange steht. Da das Auftreten der *Sorghum*-Blattläuse in den erwähnten Jahren keineswegs nur den Charakter einer mehr oder weniger harmlosen Plage besaß, man vielmehr mit vollem Recht von einer „Krankheit" sprechen durfte, habe ich geglaubt, die verschwommenen und für den Fremden unverständlichen Ausdrücke „Mafuta" und „Assali" durch Blattlauskrankheit" ersetzen zu sollen, und werde mich dessen auch im folgenden bedienen.[2])

Absichtlich habe ich soeben von „lebendigen Faktoren" der Mafuta-Krankheit gesprochen, da in letzter Instanz klimatische und Witterungsverhältnisse für das Zustandekommen der Seuche verantwortlich zu machen sind. Stets war das Auftreten der Blattlauskrankheit an abnorme Dürreperioden gebunden

---

[1]) Vergl. Fußn. 6 auf S. 334.
[2]) Vergl. meinen vorläufigen Bericht im „Tropenpflanzer" 1903 No. 11.

und vor allem sind diesem Grundübel auch die oben erwähnten schweren Schädigungen in den betroffenen Ländern in Rechnung zu setzen.

In einem späteren Abschnitte wird davon eingehender die Rede sein.

Die Verbreitung der Blattlauskrankheit in Deutsch-Ostafrika scheint nach den vorliegenden Berichten keineswegs gleichmäßig gewesen zu sein. Ein klares Bild davon zu gewinnen ist jedoch nicht möglich, da die betreffenden Angaben fast ausschließlich von Laien herrührten und in vielen Fällen nicht eindeutig erkennen lassen, was die Berichterstatter unter der mysteriösen „Mafuta"-Seuche verstanden haben. Immerhin läßt sich aus einigen Berichten mit voller Sicherheit entnehmen, daß nur die Blattlausplage gemeint sein konnte, wenn das auch nicht immer präzis ausgedrückt war.

Ich selbst habe im Jahre 1900 die Krankheit in den Ländern Usaramo, Ukami, Useguha und dem zu Ussagara gehörigen großen Getreidebauzentrum Kilossa feststellen können; die südlichen Bezirke Lindi und Kilwa waren gleichzeitig am stärksten befallen. Auch der an Kilwa angrenzende Mahenge-Bezirk wies die Krankheit auf. Das zwischen Usaramo und dem Kilwa-Bezirk gelegene Gebiet des Rufidji-Flusses war im folgenden Jahre, während Kilwa sehr mit der Seuche zu kämpfen hatte, nach dem Berichte des Bezirksamtmann Graß, vollkommen frei geblieben.[1] Im Bezirk Pangani ist in den Dürrejahren 1900 und 1901 die Krankheit zwar mehrfach wahrgenommen worden, ohne jedoch sichtliche Schädigungen zu verursachen; im Jahre 1902 wurde sie nicht mehr beobachtet.[2] Im nördlichsten Küstenbezirke der Kolonie, Tanga, scheint die Aphidenplage überhaupt nicht aufgetreten zu sein.[3]

Das Gleiche galt nach meinen Wahrnehmungen im Sommer 1900 für Ugogo und nach den eingezogenen Erkundigungen auch für den Bezirk Tabora.

Aus dem Seengebiet wurde das Auftreten der Krankheit aus Wiedhafen am Nyassa-See, aus dem Hochlande von Ungoni und aus Ussukuma im SO des Victoria-Nyanza gemeldet.

Doch ist dabei zu beachten, daß in den mit Niederschlägen reicher bedachten Hochländern die Krankheit niemals diejenige Intensität annimmt, wie in den Ländern der Ebene.

Überhaupt leuchtet ohne weiteres ein, daß in einem Lande von der doppelten Größe des Deutschen Reiches, in einem Gebiete mit so scharf ausgesprochenen geographischen Gegensätzen wie Deutsch-Ostafrika sie aufweist, auch große klimatologische Unterschiede sich geltend machen müssen. Dementsprechend wird auch ein sogenanntes „Dürrejahr" seine Schatten nicht auf sämtliche Distrikte gleichmäßig verteilen. Örtliche Verhältnisse werden hier und dort ausgleichend und mildernd oder im ungünstigen Sinne verschärfend wirken.

[1]) Berichte über Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika. I (Heidelberg 1903). S. 245.
[2]) Nach einem Berichte des Bezirksamts an das Kaiserliche Gouvernement vom 15. Oktbr. 1902.
[3]) Berichte über Land- und Forstwirtschaft I, S. 209.

2. Die auf der Sorghum-Hirse auftretenden Blattlausarten.

Das in verschiedenen Gegenden Ostafrikas und in verschiedenen Jahren von Geh.-Rat Stuhlmann und mir gesammelte Material von *Sorghum*-bewohnenden Aphiden hat Herr Schouteden in Brüssel freundlichst untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß diese Blattläuse zwei, bisher nur als Zuckerrohr-Parasiten aus Java bekannt gewordenen Arten angehören: *Aphis sacchari* Zehntn. und *A. adusta* Zehntn. Auch die von meinem Versuchsfeld in Buitenzorg stammenden Aphiden, die Herr Schouteden gleichzeitig bestimmte, sind diesen beiden Arten zuzurechnen.

Damit ist nicht nur für die genannten *Aphis*-Arten eine weitere Nährpflanze nachgewiesen, sondern auch der tiergeographisch interessante Nachweis der Verbreitung der Aphiden über zwei weit voneinander entfernte Gebiete der alten Welt geliefert worden.

Angesichts der Bedeutung dieser Schädlinge für die afrikanische Hirsekultur und bei der geringen Verbreitung der Originalarbeiten Zehntners[1]) halte ich es für notwendig, zunächst die wichtigsten Daten aus den fleißigen Untersuchungen dieses Forschers hier wiederzugeben.

a) Aphis sacchari Zehntn.

In den Kolonieen dieser in Java als „Grüne Blattlaus" bekannten Art finden sich auf dem Zuckerrohr Larven in den verschiedensten Entwicklungsstadien, ferner geflügelte und ungeflügelte Muttertiere. Diese bringen — soweit bekannt — parthenogenetisch lebendige Junge zur Welt. Eier und Männchen hat Zehntner niemals angetroffen.

Die Larven sind bei ihrer Geburt 0,55—0,60 mm lang, sie sind grün gefärbt, durchscheinend und ihr Körper ist deutlich segmentiert. Diejenigen Larven, die sich zu ungeflügelten Weibchen entwickeln, häuten sich im ganzen viermal, in Zwischenpausen von 1—2 Tagen. Nach jeder Häutung wird der Körper plumper, besonders der Hinterleib, so daß die Larve zuletzt die charakteristische Birnenform erhält.

Die Intensität der Vermehrung ist ungeheuer. Zehntner hat beobachtet, daß die Larven eine Woche nach ihrer Geburt schon wieder 5 Jungen das Leben gaben, trotzdem sie dann noch nicht einmal ihre volle Größe erreicht hatten.

Die ungeflügelten Muttertiere unterscheiden sich in ihrer birnenförmigen Gestalt kaum von älteren Larvenstadien. Ihre Farbe ist gleichmäßig gelbgrün. Länge: 1,8 mm, Breite des Hinterleibs: 1,0 mm, Länge der Fühler: 0,85 mm.

Die zu geflügelten Weibchen werdenden Larven häuten sich 5 mal. Bis zur dritten Häutung unterscheiden sie sich kaum von den ungeflügelten; dann treten die Flügelanlagen hervor. Durch die Ausbildung der Flügel, die bei der fünften Häutung entwickelt sind, erhält der Körper eine andere Form, das geflügelte Insekt besitzt nicht die erwähnte Birnengestalt. Auch diese Tiere vermehren sich ungeheuer schnell; Zehntner fand, daß sie bereits eine halbe Stunde nach der 5. Häutung 4 bis 5 Junge zur Welt gebracht hatten.

Die geflügelten Muttertiere sind im allgemeinen weniger zahlreich als die ungeflügelten. Sie treten erst auf, nachdem sich schon eine Reihe von ungeflügelten Generationen gebildet hat und bei der außergewöhnlichen Vermehrung nach Ablauf einiger Wochen der Raum auf der Nährpflanze beschränkt wird. Dann dienen die geflügelten Individuen zur Verbreitung der Art.

Die Grundfarbe dieser Tiere ist hellgrün oder graugrün. Kopf, Mesothorax und das Schild des Metathorax sind chokoladebraun. Körperlänge 1,5 mm, Breite des Hinterleibs 0,6 mm, Länge der Fühler 1,0 mm, Länge der Vorderflügel 2 mm.

---

[1]) Zehntner in Archief voor de Java-Suikerindustrie 1897 afl. No. 10, und ebenda 1901, S. 673 ff. An der letztgenannten Stelle gibt Zehntner die ausführlichen Beschreibungen nebst zahlreichen Abbildungen (Taf. IX und X).

Aphis sacchari lebt auf der Unterseite der *Saccharum*-Blätter; man findet die Laus, wenn auch nicht immer in großer Anzahl, das ganze Jahr hindurch und sie fehlt wahrscheinlich in keiner Zuckerpflanzung.

b) Aphis adusta Zehntn.[1]

Die sogenannte „grün und schwarz gefleckte Blattlaus" kommt auf dem Zuckerrohr viel weniger zahlreich vor, als die vorgenannte Art.

Ihre Lebensgeschichte entspricht ungefähr derjenigen von *A. Sacchari*. Morphologisch unterscheidet sich *A. adusta* von der anderen Art durch eine viel schlankere Gestalt der Mutterläuse, sowohl der ungeflügelten, wie auch der geflügelten Tiere. Der Körper der ungeflügelten Läuse ist langgestreckt-birnenförmig, länger und schlanker als bei *A. Sacchari*. Grundfarbe bläulichgrün, Kopf, Prothorax, Hinterleibsende, das zweite und dritte Paar Beine, die Tarsen der Vorderbeine und die Spitze der Fühler sind grünlichschwarz; Augen, Honigröhren und ein Fleck rings um deren Basis sind schwarz (daher der Name „adusta"). Körperlänge 2 mm, Breite des Hinterleibs 0,85 mm, Länge der Fühler 0,75 mm.

Auch die geflügelten Weibchen sind länger und schlanker, als bei *A. Sacchari*. Sie besitzen dieselbe Färbung, wie die ungeflügelten Tiere, doch mit dem Unterschiede, daß nicht allein der Prothorax, sondern auch Meso- und Metathorax grünlichschwarz sind. Ferner sind die Fühler hier erheblich länger, als bei den ungeflügelten Tieren.

Körperlänge 1,55 mm, Breite des Hinterleibs 0,55, Länge der Fühler 1,05 mm, Länge der Vorderflügel 2,75 mm.

In ihrer Lebensweise unterscheidet sich *A. adusta* von *A. Sacchari* dadurch, daß sie zwischen den noch eingerollten Blättern der jungen Blatttrichter lebt.

Meine Beobachtungen über die Lebensweise der beiden Aphiden in Ostafrika sind leider — wie es die Art des Reisens mit sich brachte — recht lückenhaft geblieben. Einzelne längere Aufenthalte in Getreidegebieten fielen in die Zeit vor oder während der Ernte, wenn die Blätter anfangen, trocken zu werden. Naturgemäß sind dann die Blattläuse nur noch selten anzutreffen, da ihr Lebensprozeß durch den Saftreichtum der Nährpflanze bedingt ist.

Aphis sacchari fand ich im Januar und Februar 1901 auf den jüngsten *Sorghum*-Pflänzchen; sie lebt sowohl auf der Ober-, wie auf der Unterseite der Blätter, wenn auch vorwiegend auf der Unterseite. Mit dem Wachstum der Pflanze steigen die Läuse an ihr in die Höhe, und ich habe 4 m hohe Exemplare gefunden, deren Blätter von unten bis oben mit diesem Schädling bedeckt waren.

Im Februar 1903 — zur Höhe der Regenperiode — fand ich in Buitenzorg die Larven von *Aphis sacchari* auch massenhaft auf der Innenseite von Blattscheiden sitzen, die sich infolge der starken Platzregen ein wenig gelockert und soweit vom Stengel entfernt hatten, daß es den Tierchen leicht wurde, sich an diese vor Feinden geschützten Stellen zu begeben. Zur gleichen Zeit waren bisweilen auch die unreifen Fruchtstände einer ägyptischen *Sorghum*-Varietät von den Läusen besetzt.

Nach Zehntners Beobachtungen trifft man *A. sacchari* auf Java das ganze Jahr hindurch auf Zuckerrohr an. Auch in Ostafrika dürfte sie sich immer finden, wo es junge *Sorghum*pflanzen gibt. Solche treiben auch außerhalb der Bestellungszeit nach der sogenannten kleinen Regenzeit hier und da aus den im Boden ver-

[1] Zehntner in Archief v. d. Java-Suikerindustrie 1897 afl. 10 und daselbst 1901, S. 686 ff. u. Taf. X, Fig. 25—28.

bliebenen Wurzeln aus, und von solchen Pflanzen mag Stuhlmann die Aphide im Oktober und November 1901 bei Daressalâm gesammelt haben.

Aphis adusta bevorzugt auch auf *Sorghum* die jungen, noch nicht entrollten Blätter des gipfelständigen Blatttrichters. Entfalten sich diese, so trifft man die Laus auf beiden Seiten der Blätter an, aber vorwiegend auf der Unterseite. Biologisch ist die spätere Bevorzugung der Blattunterseite sehr erklärlich, da die Läuse dort sowohl vor der Wirkung der heftigen schweren Regengüsse, wie vor den sengenden Strahlen der Sonne geschützt sind. Ersteres käme z. B. in Buitenzorg, letzteres eher in Ostafrika in Betracht.

Aphis adusta geht bis tief in den Blatttrichter hinein, sticht die zartesten, noch nicht ergrünten Blattanlagen an und schädigt diese noch recht empfindlichen Organe bisweilen sehr beträchtlich.

Mitte Dezember 1902 fand ich in Buitenzorg wiederholt die jungen Blätter infolge der Saugtätigkeit von *A. adusta* verkrüppelt und teilweise in Zerfall begriffen.

In Buitenzorg hatte ich in meinem Versuchsfelde Gelegenheit, *A. adusta* von Anfang Dezember 1902 bis Ende Februar 1903, also während der Regenperiode dauernd zu beobachten; die Blatttrichter der befallenen Pflanzen waren dicht besetzt und trieften förmlich von Honigtau.

In Ostafrika fand ich diese Art nur vereinzelt bei Seliman-Mamba im Lindi-Bezirk im Mai 1903, zu Beginn der dortigen Trockenperiode.[1] Infolge der vorangegangenen reichlichen Regenfälle hatten die *Sorghum*pflanzen häufig Seitensprosse gebildet, deren zarte Gipfelblätter nun von den *Aphiden* bevorzugt wurden. Zunächst siedeln sich die Tiere längs der Mittelrippe an, um sich später über die ganze Spreite zu verbreiten.

Die bisher von Stuhlmann und mir gemachten Funde lassen vermuten, daß auch auf der Hirse in Ostafrika *A. sacchari* ungleich häufiger auftritt, als *A. adusta*, wie das nach Zehntners Untersuchungen auf Java für das Vorkommen dieser beiden Arten auf Zuckerrohr gilt.

Die verschiedenartige Lebensweise beider Aphiden scheint mir ein Hauptgrund für jene Erscheinung zu sein: während sich nach Hervortreten des Blütenstandes am Gipfel der ausgewachsenen *Sorghum*-Pflanze die Lebensbedingungen für *A. adusta* außerordentlich verschlechtern, da das Insekt von Anfang an immer die jungen Blattanlagen des Gipfels aufsucht, wird *A. sacchari* in ihrer Tätigkeit durch Beginn der Blütenperiode nicht beeinträchtigt, sie bewohnt und benutzt auch die ausgewachsenen Blätter, solange diese nur frisch und saftreich bleiben.

Die zahlreichen in Ostafrika kultivierten *Sorghum*-Formen wurden, soweit meine Beobachtungen reichen, in gleichem Maße von Aphiden heimgesucht. Nur eine Ausnahme ist zu verzeichnen; sie betrifft die in Ugogo und Unyamwesi vornehmlich angebaute, kompaktrispige und kurzstenglige Varietät, die Herr Pilger und ich als

---

[1]) Vielleicht handelte es sich um den Übertritt einer neuen Aphiden-Generation von einer „Zwischenpflanze“ aus.

var. *densissimus* beschrieben haben.[1]) Während meiner Bereisung von Ugogo im August 1900 fiel mir auf, daß diese Form keine oder nur vereinzelte Spuren von Aphiden-Befall zeigte. Aus der Gegend von Tabora wurde das Gleiche berichtet.

Obwohl verschiedene andere, nicht ohne weiteres erkennbare Ursachen das Ausbleiben der Blattlauskrankheit in den genannten Ländern während des Dürrejahrs 1900 bewirkt haben konnten, war doch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß hier eine von den Blattläusen wenig begehrte, also in gewissem Sinne „immune" Form vorlag.

So wurde ein größeres Quantum Saat dieser anspruchslosen Varietät von Unyanyembe zu Versuchszwecken nach Kilossa und an die Küste gesandt. Wie der für die Landwirtschaft seines Bezirkes außerordentlich tätige Bezirksamtmann Herr Lambrecht später mitteilte,[2]) blieb die betreffende Form in Kilossa im Jahre 1901 zwar von der Blattlaus-Krankheit verschont, wurde im folgenden Jahre aber ebenso davon befallen, wie die in letzterem Gebiet von jeher angebauten Formen und wie eine große Anzahl aus Arabien und verschiedenen Teilen Afrikas stammender Hirse-Varietäten, die das Königl. Botanische Museum in Berlin auf meine Veranlassung zu gleichsinnigen Versuchen im Jahre 1901 nach Ostafrika gesandt hatte.

Man wird also die von Anfang an nur schwache Hoffnung, eine wenigstens relativ widerstandsfähige Hirseform zu finden, aufgeben müssen; die einzelnen Varietäten haben sich eben den Klimaten ihrer engeren Verbreitungsgebiete angepaßt und verlieren ihre Vorzüge, sobald sie in ungewohnte äußere Verhältnisse übergeführt werden — ein im Pflanzen-, wie im Tierreich sehr verbreiteter Vorgang.[3]) Pilzkrankheiten gegenüber mögen schärfere und weniger leicht zu verwischende Empfänglichkeitsabstufungen bei den *Sorghum*-Formen existieren, als gegenüber den Angriffen polyphager Insekten.

Über die natürlichen Feinde beider Aphiden in Ostafrika habe ich nichts ermitteln können. Auf Java soll ihre Zahl für *A. sacchari* Legion sein; Netzflügler, Coccinelliden, Schlupfwespen u. a. m. sollen als Vertilger und Parasiten nach Zehntner in so reichem Maße zur Vernichtung dieser Blattlaus beitragen, daß die künstliche Bekämpfung in den meisten Fällen überflüssig werde.[4])

Für *A. adusta*, die durch ihre verborgene Lebensweise einigermaßen gegen Feinde geschützt ist, hatte Zehntner solche noch nicht angeben können; nach meinen Beobachtungen in Buitenzorg ist die Larve einer Coccinellide, die Herr Koningsberger als *Chilomeles sexmaculata* Fabr. bestimmte, an erster Stelle zu nennen. Sie fand sich massenhaft in den von *A. adusta* befallenen Blatttrichtern

[1]) Englers Botan. Jahrb. **32** (1902), S. 188.

[2]) Berichte über Land- und Forstwirtschaft" I, S. 113 und 264 und schriftlicher Bericht an das Gouvernement.

[3]) Dem entspricht vollkommen, was A. F. Woods über die Empfänglichkeit verschiedener Nelken-Varietäten gegen Aphiden und andere blattsaugende Insekten sagt: „The susceptibility of different varieties of carnations to the injury seems to be as a rule proportionate to the normal vigor of the variety under the conditions, in which it is growing when attacked." (Siehe die unten mehrfach zitierte Arbeit von Woods S. 25.)

[4]) Archief v. d. Java-Suikerindustrie 1901, S. 678 ff.; 680; Taf. IX u. X.

ein, verfolgt übrigens auch *A. sacchari* und andere Rhynchoten, die als Parasiten der *Sorghum*pflanze dort fungierten.[1])

3. Wirkungen der Blattläuse auf die Hirsepflanze.

Um zu einer richtigen Beurteilung des Schadens zu gelangen, den die Aphiden ihren Nährpflanzen zufügen, ist es erforderlich, Schritt für Schritt die Lebenstätigkeit dieser Tiere auf den befallenen Organen der Pflanze zu verfolgen.

Wie die nachstehend mitgeteilten Untersuchungen zeigen werden, haben wir es im vorliegenden Falle mit direkten und indirekten Wirkungen zu tun, die sich unter dem Einflusse des Tropenklimas mit seinen schroffen Gegensätzen und extremen Witterungsverhältnissen im einzelnen, wie im Gesamtbilde sehr verschieden darstellen.

Von besonderem biologischen Interesse war das Studium dieser Vorgänge deshalb, weil die *Sorghum*-Hirse recht empfindlich auf Witterungsanomalien reagiert und diese Empfindlichkeit auf den Verlauf verschiedenster parasitärer Krankheiten — mögen sie tierischen oder pflanzlichen Ursprungs sein — von deutlich erkennbarem Einflusse ist. Außerdem führte die Untersuchung der Blattlauskrankheit zur Verfolgung verschiedener Fragen pathologischer und biologischer Natur, Fragen, deren Beantwortung in dem einen oder anderen Falle auch über den Rahmen dieser Spezialuntersuchung hinaus allgemeineres wissenschaftliches Interesse erregen mag. Das gleiche gilt übrigens für die in Teil II mitgeteilten Untersuchungen über die parasitäre Tätigkeit einer anderen, zu den Cicadelliden gehörigen Rhynchote.

a) Direkte Wirkungen.

Bei Betrachtung der von den Aphiden auf ihre Nährpflanzen ausgeübten Wirkungen hat man die Einflüsse auf junge, noch unentwickelte Organe und diejenigen auf ausgewachsene Pflanzenteile zu unterscheiden.

„Wenn Blätter in vollständig erwachsenem Zustande befallen werden" — sagt Frank[2]) — „so zeigen sie nichts weiter als ein Gelbwerden oder Gelbfleckigwerden, je nachdem das ganze Blatt oder nur einzelne Stellen unterseits von Blattlauskolonien besetzt sind; nach einiger Zeit vertrocknen solche Blätter vollständig oder fallen ab.

Werden junge, noch des Wachsens fähige Teile von Läusen befallen, so treten gewöhnlich Veränderungen des Wachsens ein; die betr. Stengel und Blattstiele zeigen mehr oder weniger starke Krümmungen, und namentlich die Blätter erleiden Kräuselungen, Faltungen und Rollungen, wobei ausnahmslos die von den Parasiten besetzte Blattseite diejenige ist, welche schwächer wächst und also konkav wird,[3]) wodurch die Tiere ins Innere der sich bildenden Hohlungen zu stehen kommen, wo sie mehr geschützt sind, als auf einer offenen Blattfläche".

Ähnlich, wenn auch weniger ausführlich, hatte sich schon Kaltenbach[4]) in seinem bekannten Buche ausgedrückt; auch er machte darauf aufmerksam, daß den Blattläusen in den Beulen und Kräuselungen der von ihnen angestochenen Blätter

---

[1]) Siehe Teil II dieser Arbeit.

[2]) Frank, Krankheiten der Pflanzen. Bd. III (1896) S. 136.

[3]) Das ist ganz selbstverständlich und beruht auf einem einfachen mechanischen Gesetz.

[4]) J. W. Kaltenbach, Monographie der Familie der Pflanzenläuse. (Aachen 1843) I. Teil S. XXIV.

Schutz gegen Feinde, Wind, Sonne und Regen gewährt wird. Gewiß ein für die Aphiden nicht unwichtiger Faktor; doch wäre es gesucht, aus diesem zufälligen Zusammentreffen äußerer Umstände folgern zu wollen, daß die Aphiden absichtlich nur eine Fläche des Blattes besiedelten, um jene Mißbildungen hervorzurufen. Wäre



Fig. 1. Blätter eines von *Aphis adusta* Zehntn. befallenen Blatttrichters, auseinandergerollt und nach ihrem Alter aufgereiht.

diese Auffassung gerechtfertigt, so würden die Tiere z. B. am *Sorghum*-Gipfel von Anfang an nur die Unterseite der Blattanlagen aufsuchen, weil sie dort vor allen Verfolgungen und ungünstigen Witterungsverhältnissen ohne weiteres am besten geschützt wären.

Die nebenstehende Abbildung (Fig. 1), anfangs Dezember 1902 in Buitenzorg aufgenommen, veranschaulicht die Wirkungen der Ansiedlung von *Aphis adusta* Zehntn. auf noch unentfalteten jungen *Sorghum*-Blättern. Die Blätter sind vorwiegend auf ihrer (späteren) Oberseite von den Läusen besetzt, die Spreiten haben sich namentlich an den Rändern (s. E_{III}) konkav eingerollt und nach der Spitze hin in zahlreichen Spiralwindungen zusammengedreht, zeigen also dieselben Erscheinungen, wie sie *Aphis Avenae* Fabr. an Weizen, Gerste und Hafer bei uns hervorruft.[1])

Nicht immer finden derartige drastische Mißbildungen der Blätter statt; der Grad der Deformation ist selbstverständlich abhängig vom Alter des Blattes und der Zahl der auf ihm angesiedelten saugenden Läuse. Treten im Gefolge der Aphidenstiche noch Bakteriosen auf (s. u.), wie namentlich in dem feuchten Klima Buitenzorgs sehr häufig, so steigert sich die Wirkung bis zu einem partiellen Zerfall der Spreite, der nicht selten für die Pflanze den Verlust des ganzen Blattes zur Folge hat.

In Ostafrika, wo *Aphis adusta* auf *Sorghum* überhaupt selten auftritt, habe ich derartige Fälle kaum beobachtet; dort hat man es vielmehr mit den Ansiedlungen von *Aphis sacchari* auf den entfalteten Blättern zu tun. Diese sind bereits im letzten Stadium des Wachstums begriffen oder vollständig ausgewachsen und daher einer Verkrüppelung oder Mißbildung nicht mehr unterworfen. Um so drastischer treten die Wirkungen der Aphidenstiche in der Verfärbung der Blattspreite hervor.

Immer siedeln sich die Läuse zunächst längs der Mittelrippe an, um sich später aus Raummangel über die übrige Blattfläche zu verbreiten. Deshalb nimmt man die roten Spuren der Aphidenstiche anfangs nur am Hauptnerven wahr und erst in weiteren Stadien auf der Spreite. Niemals ist letztere über ihre ganze Ausdehnung gleichmäßig gerötet, wohl aber häufen sich die von den Stichen hervorgerufenen einzelnen Flecke in solchen Mengen, daß die Spreite von der Basis bis zur Spitze dichtgesprenkelt erscheint und sich die Flecke zu größeren Komplexen vereinigen.

Die orangefarbenen bis leuchtendroten oder rostfarbenen Flecken sind unregelmäßig über die Blattfläche verstreut und besitzen meist eine dunklere Mitte, die von einem helleren Hofe umgeben ist. Sie finden sich sowohl über den Nerven, als auch zwischen diesen; ihre Größe wechselt zwischen der eines Punktes und einer Bohne.

Längs der Nerven sind die einzelnen Fleckchen oft zu ununterbrochenen Streifen angeordnet; übrigens pflanzt sich die Rotfärbung in den Blattnerven, wie in allen Gefäßbündeln der *Sorghum*-Pflanze ziemlich weit fort,[2]) so daß namentlich der Mittelnerv auch außerhalb des unmittelbaren Bereichs der Blattlausstiche auf weite Strecken hin mehr oder weniger stark gerötet sein kann.

Meist sind die Spuren der Blattlausstiche — gleichviel, ob das Insekt auf der Ober- oder Unterseite des Blattes gesessen hatte — auf beiden Seiten der Spreite gleichmäßig sichtbar, da der Stich fast immer das Mesophyll in seiner ganzen Breite trifft.

---

[1]) Frank l. c. S. 138. Über sonstige pathologische Wirkungen von Aphiden auf einheimische Gramineen vergl. Frank-Sorauer, Jahresber. d. Sonderausschusses für Pflanzenschutz 1893 S. 29 f.

[2]) S. den Abschnitt über „Rotfärbungen" am Schlusse dieser Arbeit.

Je mehr sich die Pflanze der Fruchtreife und damit dem Zustande des Absterbens nähert, desto mehr nehmen die roten Flecken und Streifen braune Farbentöne an; das ehemals dunkle Zentrum der Flecken wird blaßgelb und ein dunkelbrauner Rand umgrenzt die erkrankten Stellen.

Wer einmal ein von *Aphis sacchari* gründlich heimgesuchtes *Sorghum*-Feld gesehen, wo Pflanze für Pflanze von unten bis oben kein handbreitgroßes Stück rein grüner Blattfläche mehr aufzuweisen hat, wird ohne weiteres überzeugt sein, daß es sich hierbei nicht um eine „harmlose Plage" handelt, sondern um eine intensive Beeinträchtigung fundamentaler Lebensprozesse der Pflanze, verbunden mit ansehnlichem Susbtanzenverlust. Daher ist man auch berechtigt, von einer „Blattlauskrankheit" zu reden.[1])

Wie weit abnorme Witterungsverhältnisse für das Zustandekommen dieser Krankheit vorbereitend wirken, wird in einem späteren Abschnitte zu untersuchen sein.

Beim Zuckerrohr äußert sich die Wirkung der Ansiedlung von *Aphis sacchari* nach Zehntner[2]) in der Weise, daß die Blätter gelb und schlapp werden und schnell vertrocknen. Von den vertrockneten Blättern verbreiten sich die Läuse auf die jüngeren, die sich dann gebrechlich und dünn entwickeln. Selbstverständlich — bemerkt Zehntner — wird unter solchen Umständen auch das Wachstum der Pflanzen beeinträchtigt.

Aphis adusta, die sich, wie oben erwähnt, auch auf dem Zuckerrohr zwischen den noch eingerollten Blättern der jungen Blatttrichter aufhält, bewirkt ebenfalls Gelbfärbung und Schlaffwerden der Blätter und schlechte Entwicklung der befallenen Pflanzen.[3])

Wenn *Ceratoracum lanigera* Zehntn. — eine andere Aphide des Zuckerrohrs — junges Rohr befällt, bevor dieses ein kräftiges Wurzelsystem ausgebildet hat, so tritt langandauernder Stillstand im Wachstum ein. Einen „einigermaßen heftigen Anfall" vermögen solche Pflanzen nie mehr gänzlich zu überwinden, viele Schösse gehen langsam zu Grunde, während die überlebenden dünner und kürzer bleiben, als an nicht befallenen Pflanzen.[4])

Eingehendere anatomische Untersuchungen über die Beeinflussung der vom Stich der Aphiden betroffenen Gewebeelemente[5]) habe ich nicht ausgeführt, jedoch wahrgenommen, daß im Bereich jedes Stiches eine intensive Rotfärbung der be-

[1]) A. F. Woods hat für die durch Stiche von *Aphiden*, *Thrips* und anderen saugenden Insekten speziell bei Nelken hervorgerufenen Krankheitserscheinungen den allgemeinen Namen „Stigmonose" (von στιγμή = das Stechen, und νόσος = Krankheit) in Vorschlag gebracht (Woods, Stigmonose: A disease of Carnations and other Pinks. U. S. Depart. Agricult. Divis. Veget. Physiol. Pathol. Bull. No. 19. Washington 1900). Diese Bezeichnung mag für eine Gruppe von Krankheiten ganz passend gewählt sein; im einzelnen wird man aber, um Mißverständnisse zu vermeiden, eindeutiger, auch den Krankheitserreger treffender Benennungen nicht entraten können.

[2]) Archief v. d. Java-Suikerindustrie 1901, S. 674.

[3]) Zehntner l. c. S. 686.

[4]) Zehntner, Archief 1900, S. 1015.

[5]) Ich verweise auf die diesbezüglichen Arbeiten von Büsgen (Der Honigtau. Jena [G. Fischer] 1901) und A. F. Woods (Stigmonose).

nachbarten Zellen stattfindet und ferner, daß in den meisten Fällen eine deutliche Schrumpfung der peripherischen Gewebe (Epidermis und Hypoderm) im nächsten Umkreise des Stiches eintritt. Bereits mit einer schärferen Lupe kann man an den betreffenden Stellen eine schwache Einsenkung der Oberhaut deutlich erkennen. Ob diese Schrumpfungen schon infolge der Saftentziehung eintreten oder ob sie auf eine „Giftwirkung“ des Aphiden-Speichels zurückzuführen sind, muß dahingestellt bleiben.

Zum Schlusse seien noch einige Bemerkungen über die in der Literatur wiederholt gestreifte „Giftwirkung“ des Aphiden-Stiches gestattet.

Büsgen[1]) hält eine solche Wirkung dort für wahrscheinlich, wo assimilierende Parenchymzellen als Nahrungsquelle für die Blattläuse dienen: „es (das Gift) könnte als eine Art von Speichel sezerniert werden, welcher sich an der Mündung des Saugrohres mit der Nahrung mischen würde.“ Weiter sagt Büsgen: „Ein derartiger Stoff müßte auch den Pflanzenläusen von größtem Vorteile sein. Die Lösung der Stärke in einer Zelle unter fortwährender langsamer Absaugung des entstehenden Zuckers würde einen osmotischen Zustrom entsprechender Substanzen nach der angestochenen Zelle hin veranlassen, welcher den Tieren immer neue Nahrung zuführte.“

Durch die neueren Untersuchungen von Max Gruner[2]) ist diese Frage ihrer Lösung wesentlich näher gebracht worden. Gruner hat nämlich experimentell nachgewiesen, daß die Speicheldrüsen der Schaumcikaden (*Aphrophora salicis* de Geer) Ptyalin oder ein analog wirkendes stärkeverzuckerndes Enzym enthalten, und er zieht daraus den wohlberechtigten Schluß, daß die Speicheldrüsen der *Aphrophora*-Larven die Aufgabe zu erfüllen haben, Stärke in eine lösliche Form überzuführen. „Dieses Resultat“ — fährt er fort — „ist insofern interessant, als bei den Rhynchoten überhaupt die Speichelsekrete durch die „Speichelpumpe“ zunächst in die Stichwunde eingeführt werden, wo ihre Alkalinität Säftezufluß erzeugt. Der pharyngeale Pumpapparat bewirkt alsdann ihre Rückbeförderung in den Verdauungstraktus, in welchem nun die Einwirkung des Speichelsekretes auf die Stärkebestandteile des Nährsaftes und die Resorption des gebildeten Zuckers erfolgen kann.“

Bei den engen physiologisch-chemischen Beziehungen zwischen dem Stoffwechsel der Cikaden und dem der Aphiden[3]) läßt sich mit einigem Recht annehmen, daß die Entdeckung Gruners auch für die Aphiden Gültigkeit besitzt. Damit würde die Vermutung Büsgens bestätigt werden, dessen Erklärung für die Entstehung des Säftezuflusses übrigens durch die dem Botaniker unverständliche Auffassung Gruners von der Wirkung der alkalischen Reaktion des Speichelsekrets nicht im geringsten beeinträchtigt wird.[4]) Auch ist mit Büsgen anzunehmen, daß die Lösung der Stärke nicht erst im Verdauungstraktus der Rhynchoten, sondern bereits im Gewebe selbst

[1]) l. c. S. 58.
[2]) M. Gruner, Biologische Untersuchungen an Schaumcikaden. Inaug.-Diss. Berlin 1901.
[3]) Vgl. den II. Teil dieser Arbeit.
[4]) Diese alkalische Reaktion ist aber für die Wirksamkeit des Fermentes von großer Bedeutung.

erfolgt.[1]) Welche Umwandlungen die aufgenommenen Kohlenhydrate weiterhin im Körper der Rhynchoten erfahren, ob und welche Kondensationsprodukte dabei entstehen, ist eine Frage, die noch eingehender Bearbeitung bedarf.

Von einer „Giftwirkung" des Aphidenspeichels — analog der durch Wanzen. Mücken, Bienen u. a. m. im tierischen Gewebe erzeugten Vergiftung — wird man übrigens bei der Absonderung eines stärkelösenden Enzyms nicht gut sprechen können. Wohl aber käme eine solche bei den gallenbildenden Aphiden in Betracht, deren Wirkungen bereits Kaltenbach[2]) einer starken chemischen Reizung zugeschrieben hat.

b) Indirekte Wirkungen.

α) Der Honigtau und seine Flora.

Wie bereits in einem früheren Kapitel angedeutet wurde, zieht die Absonderung zuckerhaltiger Sekrete seitens der Blattläuse, namentlich dort, wo diese Ausscheidungen in größerem Umfange gebildet werden, eine Reihe von Folgeerscheinungen nach sich, die auf der Ansiedlung von Pilzen und Bakterien und deren mehr oder weniger üppiger Vermehrung beruhen.

Bei den schädigenden Wirkungen der Blattläuse auf die *Sorghum*-Pflanze, und zwar bei den indirekten, spielt, wie wir sehen werden, das Aphiden-Sekret, der „Honigtau" eine wesentliche, wenn auch nur mittelbare Rolle. Daher halte ich es für angebracht, diesem eigenartigen Produkt einige Sätze zu widmen.

Die uns heute allgemein bekannte Tatsache, daß der Honigtau tierischen Ursprungs ist, wurde merkwürdigerweise bis in die neueste Zeit angezweifelt, und ist eigentlich erst durch Büsgens monographische Studie[3]) endgültig festgelegt worden. Zwar hatte Nördlinger[4]) bereits um die Mitte vorigen Jahrhunderts durch Reihen wertvoller Beobachtungen, durch gedankenreiche und logische Deduktionen den Beweis geführt, daß nicht die Pflanzen selbst, sondern Insekten aus der Gruppe der Rynchoten die allbekannten zuckerhaltigen Ausscheidungen hervorbringen, doch hatten seine Aufsätze, in forstliche Zeitschriften vergraben, nicht diejenige Verbreitung gefunden, die sie verdient hätten. So behielt die Legende des vegetabilischen Honigtaus[5]) für weitere Kreise bis in die neueste Zeit ihre unveränderte Gültigkeit.[6])

Durch Nördlingers Untersuchungen wurde bekannt, daß Cikaden, Blatt- und Schildläuse Honigtau erzeugen. Uns beschäftigt vorläufig allein das Sekret der Aphiden.

---

[1]) Als erste Produkte der Hydrolyse würden dabei die Dextrine entstehen, die bis zu ca. 40% im Honigtau enthalten sein können. (Vergl. E. v. Raumer, Über die Zusammensetzung des Honigtaus usw. Zeitschr. f. Analyt. Chemie XXXIII (1894), S. 399.)

[2]) Monographie der Familie der Pflanzenläuse. (Aachen 1843) I. Tl. S. XIII.

[3]) Der Honigtau. Jena (G. Fischer) 1891.

[4]) Allgem. Forst- und Jagdzeitg. XX (1854) S. 364 ff.; Ebendas. XXI (1855) S. 309 ff.; Kritische Blätter für Forst- und Jagdwissenschaft XLVI, 2 (1864) S. 128 ff.

[5]) Vergl. Büsgen a. a. O.

[6]) Wurde doch noch 1893 dem Sonderausschuß für Pflanzenschutz aus dem Oberelsaß berichtet: „Der Hopfen wurde sehr empfindlich durch Honigtau heimgesucht. Die primäre Ursache des letzteren wird aber in der abnormen Trockenheit gesucht; die Blattläuse werden als sekundäre Erscheinung dabei betrachtet." (Arb. d. Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft Heft 5 (1894) S. 78.

Wie Büsgen an einheimischen Pflanzen bereits festgestellt hat, läßt sich eine direkte schädigende Wirkung des Honigtaus auf die von diesem Sekret bedeckten Pflanzenteile nicht nachweisen. Dasselbe gilt auch für die tropischen Gewächse.

Die pathologische Bedeutung des Honigtaus liegt vielmehr darin, daß er durch seinen Zuckergehalt zahlreichen Organismen aus den Gruppen der Bakterien und Pilze ein ausgezeichnetes Nährsubstrat darbietet, ihre Vermehrung auf der Blattoberfläche ermöglicht und ihnen, soweit sie parasitische Fähigkeiten besitzen, zu deren Ausübung besonders günstige Vorbedingungen schafft.

Die von Büsgen[1]) angeführten Beispiele vermögen die Tatsache vorzüglich zu illustrieren, daß Pilze erst durch vorangegangene saprophytische Ernährung Infektionskraft erlangen, und die folgenden Abschnitte werden zeigen, daß der Honigtau auch bakterielle Erkrankungen des Pflanzenkörpers vermittelt, indem er saprophytischen Bakterien durch das ihnen reichlich gespendete Nährmaterial zu einer üppigen Vermehrung verhilft und sie zu einer vorübergehend parasitären Lebensweise befähigt.

Über die Mikroflora des Honigtaus habe ich in Ostafrika keine Untersuchungen anstellen können, weil ich während meiner Reisen meist nur die Folgestadien der Blattlausplage zu sehen bekam oder in den wenigen Fällen, da ich die Honigtau-Abscheidungen auf der *Sorghum*-Pflanze beobachtete, nicht mit den erforderlichen Hilfsmitteln ausgestattet war, um mikroskopische Untersuchungen auszuführen.

In Buitenzorg fanden sich im Honigtau von ***Aphis adusta*** und *A. sacchari* bei meinen wiederholten Untersuchungen außer Massen von Bakterien verschiedener Art: Hefezellen, Conidien und Sporen verschiedener Pilze. Unter den Bakterien fiel mir bisweilen eine zartscheidige, aus unverzweigten Fäden bestehende Art auf, die ich zur Gattung *Chlamydothrix* Mig. rechne.

Unter den im Honigtau vegetierenden Pilzen machte sich besonders eine *Fusarium*-Art bemerkbar, die sich üppig darin entfaltete und die zugleich mit den Bakterien als „Gelegenheitsparasit" an den im Gefolge der Aphidenstiche auftretenden Fäulnis- und Zersetzungsprozessen lebhaften Anteil nahm.

β) Der Rußtau.

Die bekannteste und wohl allgemein verbreitete Folgeerscheinung der Honigtauproduktion ist die Ansiedlung der sogenannten Rußtaupilze, die durch ihre üppige und rapide Vermehrung meist zu dichten Überzügen sich entwickeln.

Natürlich setzt die Bildung solcher Überzüge, des „Rußtaus" voraus, daß der Honigtau überhaupt die zum Gedeihen jener Pilze notwendigen Zuckerarten enthält,[2]) und wenn das der Fall, daß er wenigstens für eine gewisse Zeit auf den betreffenden Organen unverändert erhalten bleibt. Wenn die Honigtausekretion zur Zeit der großen Regen erfolgt und das Sekret bald nach seinem Auftreten wieder abgespült wird, ist jenen Epiphyten das Nährmaterial entzogen, ihre Ausbreitung unmöglich

---

[1]) A. a. O. S. 68 ff.

[2]) Vergl. dazu Büsgen (a. a. O.) S. 67 und Teil II dieser Arbeit.

gemacht. Hiermit hängt es wohl zusammen, daß man in so regenreichen Gebieten, wie Buitenzorg, Rußtaubildung überhaupt nur selten beobachtet. Und wo sie dort ständig auftritt, wie z. B. an den extrafloralen Nektarien[1]) von *Hibiscus similis* Bl., da ist durch die örtlichen Verhältnisse der Zuckersekretion — auf der Unterseite der Blätter — dafür gesorgt, daß die zuckerhaltige Nährsubstanz von den Regengüssen nicht erreicht wird.

Auf den *Sorghum*-Blättern meines Versuchsfeldes in Buitenzorg kam die Rußtaubildung aus dem angeführten Grunde nicht zu stande. Fiel doch die Besiedlung der Pflanzen mit Aphiden gerade in die Periode der großen Regen.

Nur in dem vor den Güssen geschützten Raume zwischen Stengel und Blattscheide und auf faulenden Fruchtständen wurde hie und da eine spärliche Vegetation von Rußtaupilzen beobachtet.

Vorzüglich läßt sich in den *Sorghum*-Feldern Ostafrikas die Abhängigkeit der Rußtaubildung von der Witterung wahrnehmen.

Bei völligem Ausbleiben von Regen während der Honigtaubildung sind die *Sorghum*-Blätter oft über die ganze Fläche mit einem dichten schwarzen Überzug von Rußtaupilzen bekleidet,[2]) wie ich das z. B. im Juni 1900 in Ukami sah. Vorübergehende Regenschauer schwemmen den Honigtau auf die niedere Unkraut-Vegetation der Felder ab, auf deren Blättern er dann eintrocknet, so daß diese statt der Hirse vom Rußtau befallen werden.

Mit dem Eintreten schwerer Regen werden die Zuckerabscheidungen der Blattläuse auf den Boden gespült, womit die Entwicklung der Rußtaupilze — wenigstens in sichtbarem Umfange — überhaupt vereitelt wird.

Eine bessere Demonstration für den Zusammenhang von Rußtaubildung und Witterung, als sie sich im vergangenen Frühjahr im Hinterlande von Lindi darbot, läßt sich kaum finden. Wie erwähnt, hatte dort nach der Bestellung anfänglich Trockenheit geherrscht, die eine reichliche Entwicklung von Blattläusen hervorgerufen hatte. In den Feldern ließ sich nun später an der Rußtaubedeckung deutlich erkennen, welche Höhe die Hirsepflanzen bis zum Eintritt der Regenperiode erreicht haben mußten. Fast an jeder Pflanze konnte man eine, durch die obere Grenze des schwarzen Überzugs gebildete „Trockenheitsmarke" beobachten.

Wer einmal Gelegenheit gehabt hat, eine völlige Maskierung der Blattflächen durch dichte, lückenlose Rußtaubezüge zu beobachten, wird ohne weiteres überzeugt sein, daß durch diese schwarze Pilzbekleidung die assimilatorische Tätigkeit nicht unerheblich beeinträchtigt werden muß. Büsgen[3]) hat übrigens durch einen einfachen Versuch die Verminderung der Stärkeproduktion durch die Rußtaubildung auf den Blättern experimentell nachgewiesen.

Damit verlieren die Rußtaupilze — wenigstens was ihr Auf-

[1]) Hier vertritt das zuckerhaltige Sekret der Nektarien den Honigtau der Aphiden.

[2]) Auf die beteiligten Arten dieser Epiphyten gehe ich hier nicht ein, da mich das zu weit vom eigentlichen Thema ablenken würde. Die Bearbeitung meiner umfangreichen Sammlung tropischer Rußtaupilze hat überdies noch nicht erledigt werden können.

[3]) A. a. O. S. 68.

treten in trockenen Jahren in Ostafrika anbelangt — den Charakter harmloser Epiphyten und man ist wohl berechtigt, auch sie in die Gemeinschaft schädigender Faktoren bei der Blattlauskrankheit der *Sorghum*-Hirse einzurechnen.

γ) Bakteriosen.

Der Honigtau gibt für zahlreiche aërobe Bakterienarten ein ausgezeichnetes Nährsubstrat ab. Abgesehen von dem hohen Gehalt an Kohlenhydraten kann das Sekret auch nennenswerte Mengen von Mineralsalzen und Stickstoffsubstanzen enthalten.[1]) Somit bietet sich — die notwendige Feuchtigkeit vorausgesetzt — für gewisse Bakterien eine in der freien Natur selten gebotene günstige Gelegenheit zur üppigsten Vermehrung.

Es hat sich gezeigt, daß dieser Umstand bei den Wirkungen der Blattläuse auf die *Sorghum*-Pflanze eine bedeutsame Rolle spielen und das Krankheitsbild durch Nebenwirkungen bakteriellen Ursprungs erheblich beeinflußt werden kann. Die nachstehenden Mitteilungen mögen hierüber näheren Aufschluß gewähren.

Bakteriosen der Blattspreite.[2])

Nach Eintritt der stärkeren Regen in Buitenzorg im Dezember 1902 traten nicht selten bei der im Blatttrichter der Sproßgipfel herrschenden dauernden Feuchtigkeit an den jungen, von Aphiden angestochenen Blattspreiten Fäulnisherde auf, entstanden durch Einwanderung von Bakterien in die Stichkanäle der Blattläuse. Anfangs auf die Saugstiche beschränkt, setzte sich die Fäulnis durch Vereinigung der einzelnen Herde in der Längsrichtung des Blattes fort und äußerte sich in Form brauner, den Blattnerven annähernd paralleler Linien (siehe Fig. 21). Beim Aufrollen des Blattes reißt die Spreite an den betreffenden Stellen ein. Die mikroskopische Untersuchung zeigt eine mehr oder weniger tiefgehende rißförmige Zersetzung des Mesophylls und in der entstandenen Lücke Anhäufungen von Bakterien (siehe Taf. V Fig. 16).

Die lineare Form der Korrosionen erklärt sich sowohl durch die Anordnung vieler Aphidenstiche längs der Blattnerven, als auch in der Anhäufung von Honigtau in den Längsfalten der noch eingerollten Blätter; die Bakterien hatten sich an diesen Stellen besonders üppig vermehrt und dann nach Aufzehrung der im Honigtau gebotenen Nährstoffe ihr Zerstörungswerk begonnen. In der Umgebung der Faulstellen lagerten hie und da auf der oberen Epidermis noch dichte Massen von Bakterien.

---

[1]) Ich sage „kann", weil die Zusammensetzung des Honigtaus ungemein wechselt. Die neueste und zugleich die erschöpfendste Honigtau-Analyse, die mir bekannt geworden ist, rührt von E. von Raumer her (Ztschrft. f. Analyt. Chemie XXXIII [1894] S. 398 ff.). v. Raumer fand in dem von Ahornblättern gesammelten Material außer den Kohlenhydraten 3,02 % Aschenbestandteile und 3,17 % N-Substanz (als Eiweiß berechnet)!

Im übrigen sei bezüglich der chemischen Beschaffenheit der Aphidensekrete auf Büsgens oft zitiertes Buch und Teil II dieser Arbeit verwiesen.

[2]) Die nachstehend mitgeteilten pathologischen Erscheinungen wurden, soweit nicht anders bemerkt ist, auf meinem Versuchsfelde in Buitenzorg an afrikanischer Hirse studiert.

Später greift die Desorganisation (und damit die Bräunung des Gewebes) nach beiden Seiten um sich und führt schließlich zum Zerfall der Spreite.

Andere Blattanlagen, die unter gleichen Verhältnissen von Aphiden befallen waren, zeigten neben den erwähnten linienförmigen Korrosionen an Stelle der bekannten feinen Stichkanäle kleine, wie von Nadelstichen herrührende kreisrunde Löcher mit braunem Wundrande. Die in die Stichkanäle eingetretenen Bakterien hatten hier nur die nächste Umgebung der Kanäle in Fäulnis versetzt, worauf Vernarbung eingetreten war. Diese Erscheinung wurde als Folge von Aphidenstichen an den jungen noch nicht ergrünten Blattanlagen auch später noch wiederholt beobachtet.

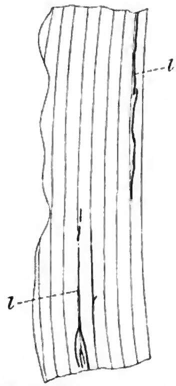


Fig. 2. Spreitenbakteriose bei Aphiden-Stich. Nat. Gr.

Größeres Interesse beanspruchen diejenigen Fälle von Bakterieninvasion in das Blattgewebe, denen eine Verletzung nicht vorausgegangen ist.

Dieser Vorgang, den wir an den Blattscheiden unter gewissen Verhältnissen ganz allgemein beobachten konnten, wurde in Buitenzorg wiederholt auch an jugendlichen, noch unentfalteten Spreiten angetroffen. Ich verweise für die folgende Erörterung auf Fig. 1 (S. 330).

Das jüngste Blatt (E) ist noch vollständig intakt und weiß, das nächstfolgende (E_I) zeigt winzige braune Fleckchen an der zarten, fast papierdünnen Basis. Die beiden folgenden (E_{II} und E_{III}) weisen schon starke braune resp. rotbraune Verfärbungen auf der Innenseite der Scheide auf, die bei E_{IV} und E_V auch auf die durch Aphiden-Tätigkeit stark deformierten Spreiten übergegangen ist. Bei E_{IV} finden sich auf der Scheide dieselben parallel der Nervatur verlaufenden braunen Linien, wie wir sie oben an der Spreite kennen gelernt haben. Nur hat hier die Entstehung der Linien eine andere Ursache: sie hängt mit der Anordnung der Spaltöffnungen zusammen. Die mikroskopische Betrachtung der gebräunten Stellen auf den Blättern E_I—E_{IV} ergab nämlich übereinstimmend, daß die Verfärbung in allen Fällen von den Spaltöffnungen ihren Ausgang nahm. Besonders schön und deutlich lassen Tangentialschnitte erkennen, daß die Spaltöffnungen die Centra der Verfärbung darstellen (Taf. VI Fig. 5). Anfänglich erscheinen nur die Stomata selbst verfärbt; von ihnen aus pflanzt sich dann die Bräunung — wie man auf Querschnitten sieht — zunächst tangential mehr oder weniger regelmäßig auf die benachbarten Epidermiszellen, sodann auch auf die Hypoderm- und Mesophyllzellen fort. Immer werden zuerst die Membranen gebräunt, resp. gerötet, und erst später der Zellinhalt.

Die Untersuchung ergab weiter, daß die gebräunten Spaltöffnungen in der Atemhöhle wechselnde Mengen von Bakterien bargen, ja daß letztere in vielen Fällen die Atemhöhle vollständig erfüllten. Wo eine Verfärbung beobachtet wurde, konnte fast immer auch das Vorhandensein von Bakterien in den Spaltöffnungen konstatiert werden.

Auf Querschnitten sieht man ferner, daß sich über den Spaltöffnungen ganze Schwärme von Bakterien ansammeln, daß sie jeweils über der Spalte einen förmlichen „Hof" bilden.

Der von *Aphis adusta* dichtbesetzte Blatttrichter triefte von Honigtau,[1]) mit dem die Bakterien in die Tiefe gelangt waren und in welchem sich einige Arten rapide vermehrt hatten, wie die mikroskopische Prüfung der Flüssigkeit und der feuchten Blattoberflächen ergab. Hier sammeln sie sich nun über den Orten des Gasaustausches an, wie bei einem Versuche mit der Engelmannschen Bakterienmethode. Sie dringen dann — der Sauerstoffquelle nachgehend[2]) — in die Atemhöhle ein (siehe Taf. V Fig. 20), diese oft vollständig verstopfend, und wandern von hier aus zunächst in die benachbarten Intercellularräume, bald aber auch in das Innere der Zellen.

An dem auf Fig. 1 (S. 330) abgebildeten Material ließen sich fast ausschließlich nur die Anfangsstadien der Bakterieninvasion erkennen; die Mikroben waren erst in einige der Atemhöhle benachbarte Zellen, u. a. auch in die Schließzellen übergetreten, weitgehende Desorganisationen des Blattgewebes waren jedoch nicht vorhanden. Bei diesen zarten Organen bedarf es nur einer verhältnismäßig geringfügigen Störung ihres Lebensprozesses, um sie zum schnellen Absterben zu bringen.

Die umstehende Abbildung (Fig. 3) zeigt einen besonders drastischen Fall von kombinierter Wirkung der *Aphis adusta* und Bakterienfäule; die jugendlichen Blattanlagen des Sproßgipfels sind vollständig zerstört worden. (Die Aufnahme wurde Mitte Dezember 1902 in Buitenzorg gemacht.)

Für die Deutung der Verfärbungen, auf die wir später noch zu sprechen kommen werden, ist es von Belang, daß jene Erscheinung schon eintritt, bevor sich nachweisen läßt, daß die Bakterien die Zellen angegriffen haben. Das bloße Verstopfen der Atemhöhle genügt, um die Rotfärbung auszulösen.

Es leuchtet ein, daß, wenn es der Pflanze nicht gelingt, die Eindringlinge abzuwehren, sich diese, um am Leben zu bleiben, ihre Nahrung nun aus dem Gewebe holen müssen. Die jungen, im Anfang ihrer Entwicklung stehenden zarten Blattorgane vermögen des Feindes nicht Herr zu werden, und so entstehen Korrosionen des Gewebes und in ihrem weiteren Verlaufe bei genügender Feuchtigkeit eine regelrechte Bakterienfäule. Dabei ist zu beachten, daß die afrikanischen

[1]) Die Identität des Sekrets wurde stets mit Fehlingscher Lösung festgestellt.

[2]) Im Hinblick auf Büsgens Untersuchungen über die Keimlinge parasitischer Pilze (Botan. Ztg. 1893 S. 66 ff.) könnte man die Ansammlung der Bakterien über den Spaltöffnungen und die Invasion in die Atemhöhle auch als einen chemotaktischen Vorgang auffassen, d. h. ihn auf die Exosmose spezifischer chemischer Stoffe aus den Schließzellen zurückführen. Ich glaube, daß es dessen nicht bedarf, sondern daß hier ein einfacher Fall positiver „Aërotaxis" vorliegt, zumal es sich nur um die Einwanderung aërober Mikroorganismen handeln kann.

*Sorghum*formen ein so nasses Klima, wie dasjenige von Buitenzorg, überhaupt nur schlecht vertragen, daß sie dort von vornherein unter Lebensbedingungen gezogen wurden, die ihnen nur wenig zusagten. In ihrer afrikanischen Heimat oder auch schon in trockenen Distrikten von Mittel- oder Ostjava wird die Pflanze der Gefahr einer bakteriellen Gipfeltriebfäule kaum ausgesetzt sein.



Fig. 3.

Ich möchte diese Betrachtung mit einer längst vergessenen Äußerung Nördlingers[1]) schließen, die vielleicht erst durch die vorstehend mitgeteilten Beobachtungen ihre wissenschaftliche Erklärung findet: „Daß an Ackerbohnen die Blütenstände durch das Saftentziehen der Blattläuse leiden, Stengel und Blätter aber durch den von ihnen produzierten Honigtau überkleidet, an der Atmung gehindert stillstehen, braun werden und abfallen können, ist jedem Landwirte bekannt und besonders im heurigen Jahre wieder zur Erinnerung gebracht worden.“ —

Noch bleibt mir ein eigenartiger Fall von Bakterieneinwanderung in das Blattgewebe zu erwähnen, auf den ich bei Beginn meiner Untersuchungen in Buitenzorg (im November 1902) aufmerksam wurde.

Zwei ober- und unterseits von *Aphis sacchari* besetzte vollentfaltete Blätter jüngerer kräftiger Sorghumpflanzen zeigten eigentümliche Rötungen des Mittelnervs, Verfärbungen, die sich nicht auf die peripherischen Gewebe erstreckten,

[1]) Nördlinger, Über den Waldhonigtau. Allgem. Forst- und Jagdzeitg. XX (1854) S. 365.

sondern auf die inneren Teile der Rippe beschränkt waren. Die Rotfärbung war noch verhältnismäßig schwach und bei durchfallendem Lichte besser erkennbar, als bei auffallendem. Sie trat nicht kontinuierlich, sondern nur in lokal beschränkten Herden auf und nahm von oben und unten gegen die Mitte des Blattes hin häufiger an Intensität zu. Nur die dünnwandigen, chlorophyllfreien Markzellen waren von der Verfärbung betroffen und zwar waren ihre Membranen schwach weinrot gefärbt. Die geröteteten Zellen enthielten einen ebenso gefärbten Niederschlag von unregelmäßig-körnigem Gerinnsel, wie man ihn häufig auch im geröteten Mesophyll von *Sorghum*-Blättern beobachten kann. Die Intercellularräume in der unmittelbaren Umgebung dieser Zellen waren mehr oder weniger dicht mit Bakterien erfüllt.

Diese Tatsache würde mich nicht überrascht haben, wenn der Nerv an den geröteten Stellen oder in ihrer nächsten Umgebung irgend eine Verwundung durch Aphidenstiche aufgewiesen hätte. Solche war aber nicht vorhanden, auch nicht auf der benachbarten Fläche der Spreite. Auch konnte die Einwanderung der Bakterien nicht durch die Spaltöffnungen erfolgt sein, da die Rötung dann ohne jeden Zweifel in den Epidermiszellen ihren Anfang genommen haben würde. Auch das war nirgends der Fall. Die Einwanderung der Bakterien konnte nur von einem der außerhalb der Rötungsherde gelegenen, den Mittelnerv berührenden Aphidenstiche ausgegangen sein.

Jedenfalls mußten die Mikroorganismen (durch fortgesetzte Teilung in der Längsrichtung des Blattes) einen verhältnismäßig langen Weg im Intercellularsystem zurückgelegt haben, ehe sie das Gewebe angegriffen, seine Elemente zur Ernährung herangezogen hatten. Denn nach meinen in dieser Hinsicht vielseitigen Erfahrungen hätte die Rotfärbung, diese ungemein empfindliche und nie versagende Reaktion der *Sorghum*-Pflanze sofort eintreten müssen, wenn die Bakterien von Beginn ihrer Einnistung an einen Reiz auf die Zellen ausgeübt hätten. Diese Reaktion war aber erst mehrere (5—7) Centimeter weit von den nächsten Stichwunden entfernt sichtbar geworden.

Auf dem Wege bis zu den geröteten Stellen hatten also die Bakterien das Material für ihre Ernährung wahrscheinlich in den Intercellularräumen selbst gefunden.

In der Tat glaube ich die Annahme, daß aus dem Zellsafte organische Substanzen in die Intercellularräume diffundieren, nicht ohne weiteres von der Hand weisen zu dürfen. Unter anderem deuten meine Beobachtungen über das Auftreten der vielerwähnten Rotfärbungen im Blattgewebe darauf hin, daß die „Leuko-Verbindung" des betreffenden Farbstoffs nicht nur mit dem Imbibitionswasser in die Membranen eindringt, sondern auch von diesen aus mit dem Verdunstungswasser in das Intercellularsystem abgegeben wird. Die gleiche Wanderung können auch andere im Zellsaft gelöste Stoffe durchmachen. Im Interesse der Pflanzen liegt es natürlich, daß eine solche Stoffabgabe sich in sehr engen Grenzen halte. Aber bekanntlich genügen schon minimale Mengen geeigneter organischer Nährsubstanzen, um einer verhältnismäßig großen Zahl von Bakterien das erforderliche Material für ihre Vervielfältigung zu liefern.

Versagt dann die bescheidene Quelle, so wenden sich die eingewanderten Mikroorganismen den Zellelementen selbst zu, um je nach ihren enzymatischen Fähigkeiten entweder die Mittellamelle oder die Cellulosemembran anzugreifen

Die hier beschriebenen Fälle gehörten übrigens zu den seltenen Ausnahmen und wurden später nicht wieder beobachtet. Zu einer eigentlichen „Bakteriose", d. h. bakteriellen Zerstörung des betroffenen Gewebes, war es, als ich die Blätter schnitt, noch nicht gekommen.

Bakteriosen der Blattscheide.

Sehr häufig sind in Ostafrika Bakteriosen der Blattscheide zu beobachten.[1]) Abgesehen von gröberen Verletzungen, treten sie dort allgemein bei reichlicher Honigtaubildung auf. Und nur diese Art der Infektion ist hier für uns von Interesse. Die tropfenförmigen Ausscheidungen der Blattläuse werden in Ostafrika durch die geradezu ungeheuren Mengen von allnächtlich fallendem Tau vereinigt und von der unteren Hälfte der Spreite nach der Basis hin, von der oberen nach der hängenden Spitze hin abgeleitet. Die Mittelrippe funktioniert dabei wie eine Wasserrinne. Die sich an der Infektionsstelle der Spreite stauende Flüssigkeit tritt auf einem später zu beschreibenden Wege in den Raum zwischen Stengel und Scheide ein, wobei sie ihre reiche Bakterienflora mit sich führt.

Da die einmal in diesen Raum eingedrungene Flüssigkeit für längere Zeit vor Wasserverdunstung geschützt ist, vermögen die Bakterien sich hier üppig zu vermehren und, begünstigt durch die konstante Feuchtigkeit, Fäulnisprozesse einzuleiten. Die Epidermis zeigt streckenweise dichte, aus schleimigen Bakterienverbänden bestehende Beläge, die sich über jeder Spaltöffnung zu wolkenförmigen Haufen ansammeln, dann in die Atemhöhle eindringen[2]) und diese verstopfen (Taf. V Fig. 20). Die Korrosionen des Scheidengewebes gehen, abgesehen von den Fällen, wo sie nur erweiterte Stichkanäle der Aphiden darstellen, stets von den Spaltöffnungen aus, wie das oben bereits beschrieben war. Entweder füllen sich zuerst die Epidermiszellen mit Bakterien oder die Verletzung beginnt in den an die Atemhöhle angrenzenden hypodermatischen Parenchymzellen, deren Wände zum Teil in Quellung und dann in Lösung gebracht werden. Auf diese Weise wandern die Bakterien von Zelle zu Zelle, nur in seltenen Fällen diese durch größere „Kolonien" ganz erfüllend (Fig. 4). Immer beschränkt sich die Bakteriose auf das Mesophyll und die Epidermis, niemals werden die Gefäßbündel angegriffen. Eine „Maceration", eine Isolierung der einzelnen Parenchymzellen durch Lösung der Mittellamelle, habe ich bei Bakteriosen der Blattgewebe niemals beobachtet.

Der unmittelbaren Bakterientätigkeit eilt die Rotfärbung der Zellwände weit voraus. Auch hier ist nämlich die Einwanderung und die zerstörende Tätigkeit der

[1]) Vgl. Tropenpflanzer 1903, S. 521.

[2]) Auf die Möglichkeit, daß Mikroorganismen — und zwar sowohl Hefen (!) wie Bakterien — durch die Spaltöffnungen in das Gewebe der Sorghum-Blattscheiden eindringen könnten, haben bereits Palmeri und Comes hingewiesen, ohne aber einen Nachweis dafür erbracht zu haben. (Palmeri e Comes in Rendiconto dell'Accademia delle Scienze fisiche e matematiche di Napoli. XXII [1883] S. 312.)

Bakterien stets von den charakteristischen Rotfärbungen der betroffenen Gewebepartien begleitet, Verfärbungen, die sich auf der weißen oder schwach grünlichen Innenseite der Scheiden besonders scharf abheben (siehe Taf. VI Fig. 1 und 2). Rollt man die Scheide auf, so findet man im Anfangsstadium kleine punktförmige, schwach gerötete Stellen, später größere leuchtend rote Flecken und Streifen, letztere fast immer parallel mit den Nerven verlaufend. Auch gehen durch die helleren Höfe der Flecken dunkler rote parallele Streifen hindurch, die von den verfärbten Gefäßbündeln gebildet werden. Schwerer erkrankte Scheiden sind häufig so stark und glänzend gefärbt, daß es den Eindruck macht, als seien sie mit einer fettigen dunkelbraunroten Paste ausgestrichen worden.

Die Erkrankung des Scheidengewebes dringt von innen nach außen vor, ein Prozeß, der langsam und ungleichmäßig vor sich zu gehen scheint. Denn die Innenseite der Scheide kann bereits sehr stark von der Krankheit ergriffen sein,

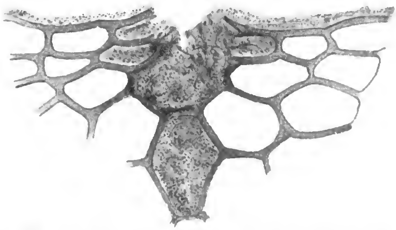


Fig. 4. Beginnende Bakteriose an junger Blattspreite.
Die Schließzellen sind zerstört, die Atemhöhle ist vollkommen von Bakterien erfüllt, ebenso zwei ihr benachbarte Zellen. Die Eintrittspforten der Bakterien in diese Zellen sind auf dem Schnitt nicht sichtbar. Die Schattierung der Membranen gibt die Intensität der Rotfärbung an. Vergr. 350 : 1.

während die korrespondierenden Stellen der Außenseite nur wenig verfärbt sind (Taf. VI Fig. 2). Besonderer Erwähnung bedarf die Erscheinung, daß bei Bakterieninvasion die Intercellularräume häufig mit einer roten, homogenen und durchscheinenden Substanz vollständig erfüllt sind (Taf. V Fig. 17). Ich halte diese gummösen Massen für ein Umwandlungsprodukt der Membran, das bei deren Zersetzung oder Aufschließung durch die Bakterien entsteht. Diese Erscheinung tritt selbst außerhalb des Bereichs der Bakterienansammlungen auf, da die lösenden Enzyme sich im Intercellularsystem schneller und weiter verbreiten, als die Mikroorganismen selbst.

Die Arten der bei den Blattfäulen beteiligten Mikroorganismen zu bestimmen, lag keine besondere Veranlassung vor, da es sich bei diesen Bakteriosen keineswegs um spezifische Bakterienkrankheit handelt. Vielmehr werden hier saprophytische Arten vorübergehend zu einer parasitischen Lebensweise genötigt, wie das bei Bakteriosen höherer Pflanzen häufig der Fall ist. Nach Verzehrung des im Honigtau zur Verfügung stehenden Zuckers sind die in die Spaltöffnungen eingedrungenen Mikroben geradezu gezwungen, ihren Bedarf an Kohlen-

hydraten aus dem Zellsaft und auch aus den Zellmembranen zu decken. Dieser Bedarf ist bekanntlich bei allen aëroben Bakterien — und um solche handelt es sich nur — außerordentlich groß; jene Stoffe bilden ihr wichtigstes Atmungsmaterial.

Die eigentliche Fäulnis dagegen, die Eiweißzersetzung, ist, wie bei anderen Verwundungen des Pflanzenkörpers, wohl als sekundäre Begleiterscheinung aufzufassen, für die ein spezifischer Erreger ebensowenig verantwortlich gemacht werden kann, wie für die (primäre) Zerstörung der Zellwände. Der Vorgang wäre demnach als ein „metabiotischer“ anzusehen, d. h. durch das Aufschließen der Zellmembranen und Absterben des betroffenen Gewebes wird erst den Fäulniserregern der Nährboden vorbereitet, die Möglichkeit der Eiweißzersetzung geschaffen.[1]) In den meisten Fällen übrigens wurde die Zerstörung der Gewebe durch Kokken besorgt, deren Übereinstimmung in der Größe vermuten ließ, daß vornehmlich eine Art beteiligt sei (Taf. V, Fig. 17); doch waren bei vorgeschritteneren Stadien wiederholt auch Stäbchenbakterien in dem korrodierten Gewebe nachzuweisen.

Sehr selten fand ich in Buitenzorg Fälle von reiner (primärer) Bakteriose, die von der Außenseite der Scheide ihren Ausgang genommen hatten. Natürlich wird der Honigtau auch unter günstigen Umständen (Fehlen von Regen) einmal für längere Zeit die Außenseiten der Scheiden bedecken, die Bakterien werden sich darin ebenfalls reichlich vermehren und dringen auch — wie ich beobachtete — durch die Spaltöffnungen der äußeren Epidermis in das Scheidengewebe ein. Aber solche Fälle sind, wie gesagt, selten und ihre Wirkungen viel weniger nachhaltig, als bei der Infektion von innen her; sie verlaufen — sit venia verbo — „unblutig“.

Die Gründe dafür liegen auf der Hand.

Während auf der Scheideninnenseite infolge des engen Zusammenschlusses von Scheide und Stengel die Gefahr des Verdunstens der von obenher eingedrungenen Flüssigkeit kaum besteht, also das wichtigste Lebenselement für die Bakterien, das Wasser normalerweise kaum versiegt, sind die Mikroorganismen auf der Oberfläche der Pflanze bei der Intensität der tropischen Besonnung in hohem Grade dem Vertrocknen ausgesetzt. Auch die direkte bakterientötende Wirkung der Sonnenstrahlen ist nicht zu unterschätzen.

Diese Hilfskräfte tragen wesentlich dazu bei, an exponierten Organen das Eindringen von Bakterien zu verhindern, und wenn letzteres trotzdem vorkommt, ermöglichen sie es der Pflanze, durch schnelle Vernarbung der Wunde sich gegen weitgreifende Schädigungen zu schützen.

Das gilt besonders für die entfaltete Blattspreite. Hier bietet jeder Aphidenstich bei gleichzeitiger Anwesenheit von Honigtau für die Bakterien eine günstige Angriffsstelle und man kann annehmen, daß während der Nachtstunden auch in den

[1]) Bereits vor längerer Zeit habe ich die Ansicht geäußert, daß das lebende pflanzliche Eiweiß den Bakterien als Nährmaterial nicht zusagt, und daß hierin ein wesentlicher Grund für das seltene Vorkommen bakterieller Pflanzenkrankheiten zu suchen ist. Tatsachen, geeignet, jene Anschauung zu widerlegen, sind mir inzwischen nicht bekannt geworden. (Vergl. W. Busse, Bakteriolog. Studien über die Gummosis der Zuckerrüben. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. VII [1897], S. 154.)

weitaus meisten Fällen eine Einwanderung von Mikroben in jene Wunden erfolgt.[1]) Niemals aber kommt es zur Fäulnis. Gleichwie kleine Wunden an Gesicht und Händen des Menschen, wenn sie gewisse Zeit der Tropensonne ausgesetzt bleiben, ohne inzwischen mit Wasser in Berührung zu kommen, überraschend schnell vernarben, ebenso findet auch eine schleunige Heilung der Aphidenstiche auf der entfalteten Blattspreite statt.

Auf der Scheideninnenseite dagegen liegen die Verhältnisse für die Entwicklung von Fäulnisprozessen außerordentlich günstig. Wie schon erwähnt, wird eine schnelle Verdunstung der einmal in den Raum zwischen Scheide und Stengel eingesickerten Flüssigkeit solange wenigstens verhindert, als die Scheide dem Stengel fest angeschmiegt bleibt, das heißt also: für den größten Teil ihrer Lebensdauer. Auch ein unmittelbarer Zutritt der Sonnenstrahlen ist ausgeschlossen. Mit der Infektionsgefahr auf der Scheideninnenseite verhält es sich — wenn ich das oben zum Vergleich herangezogene Beispiel noch einmal benutzen darf — wie mit kleinen Fußwunden, die schnell und für längere Zeit in Eiterung übergehen, da der Stiefel die Ausdunstung und den Luftzutritt beeinträchtigt.

Ehe wir betrachten, welche nachteiligen Folgen der Pflanze aus den Scheidenbakteriosen erwachsen können, wird zunächst noch kurz die Frage erörtert werden müssen, auf welchem Wege der Honigtau auf die Innenseite der Blattscheide gelangt. Dabei sollen natürlich diejenigen Fälle außer acht gelassen werden, in denen die Aphidenlarven infolge geringfügiger Lockerung der Scheide selbst in den Raum zwischen Stengel und Scheide einzudringen vermögen und den Honigtau an dieser Stelle produzieren.

Bekanntlich wird der Stengel während des Wachstums röhrenförmig von der Scheide fest umschlossen, wobei deren Ränder übereinandergreifen. Der Wert der Scheide als Schutzmittel für den wachsenden Stengel wird noch dadurch erhöht, daß durch nachträgliches Wachstum der Scheide über die Spreiteninsertion hinaus die Ligula entsteht, die sich ebenfalls eng an den Halm anschmiegt. Die zuerst von Schlechtendahl ausgesprochene Ansicht,[2]) daß es die Aufgabe der Ligula sei, das an den Blättern herabrinnende Regenwasser am Eindringen in die Spalte zwischen Halm und Scheide zu verhindern, hat wohl kaum jemals ernstlichen Widerspruch erfahren. Angesichts der ungezählten Fälle von Scheidenbakteriose — vermittelt durch Eindringen des Honigtaus mit seiner Bakterienflora — war es mir allerdings zweifelhaft geworden, ob die Ligula ihren Zweck vollkommen erfülle. Doch soll sich diese Frage nur auf die jüngeren Scheiden der noch wachsenden Pflanze beziehen; daß an den älteren Blättern ausgewachsener Exemplare fast ausnahmslos eine Lockerung der Scheide stattfindet, kann man in Sorghumfeldern täglich beobachten. Dieser Vorgang wird durch eine natürliche Erschlaffung der Scheidenränder im späteren Alter hervorgerufen und ist für die Pflanze nunmehr auch ohne nachteilige Folgen, da der Stengel inzwischen holzig und fest geworden

[1]) Zwei derartige Fälle wurden oben auf S. 340 beschrieben.

[2]) Siehe Hackel in Engler u. Prantl Natürl. Pflanzenfam. Gramineae, S. 4.

ist und er sich gegen schädigende Wirkungen der Nässe durch einen Wachsüberzug schützt. In Buitenzorg, dessen klimatische Bedingungen, wie erwähnt, für *Sorghum* überhaupt recht ungünstig sind, wurde das Ablösen der älteren Scheiden ganz erheblich durch die sich während der Regenperiode fast täglich wiederholenden heftigen Platzregen befördert, deren mechanische Wirkung auf die Blattspreiten sich in verschiedener Richtung äußerte und deren Wucht in den trockeneren Gebieten Ostafrikas kaum erreicht werden dürfte.

Um die oben gestellte Frage bezüglich der Leistungsfähigkeit der Ligula zu lösen, wurde am 16. XII. 1902 folgender Versuch ausgeführt. Von drei verschiedenen *Sorghum*-Varietäten wurde je eine, noch im Wachstum begriffene, ca. 1,5 m hohe gesunde Pflanzen ausgewählt, deren Scheiden augenscheinlich dem Stengel noch fest anlagen. In den Blatttrichter des Gipfels und auf jede Spreite wurde eine Lösung von Gentiana-Violett in destilliertem Wasser in dünnem Strahl derart ausgegossen resp. gesprengt, daß ebenso große Flüssigkeitsmengen auf den Blättern zurückblieben, wie sie ein starker Regen hinterläßt. $4^1/_2$ Stunden nach Beginn des Versuches fiel ein halbstündiger kräftiger Regen; im übrigen herrschte ausnahmsweise trockenes Wetter. Der Regen hatte bei zwei Pflanzen die unterste Scheide abgelöst, die übrigen ließen äußerlich keine Veränderung erkennen. Zwei Pflanzen wurden nach 24, eine nach 48 Stunden untersucht. Es ergab sich, daß — mit einer Ausnahme — die Ligula das Eindringen der Farblösung zwischen Scheide und Stengel vollständig verhindert hatte. Auch in den Blatttrichtern war die Farblösung nicht bis zum Grunde der jungen Blätter eingedrungen; der Farbstoff hatte sich auf die schon entfalteten und ergrünenden Spitzen der Blätter niedergeschlagen.

Die einzige Scheide, die auf ihrer Innenseite Violettfärbung zeigte, war erstens schon ein wenig gelockert und außerdem erwies sich die Ligula an einer Stelle etwas zerfranst. An dieser undichten Stelle war jedoch nur eine unbedeutende Menge der Farblösung durchgesickert. Die Hauptmenge der Lösung war von den Seiten aus eingedrungen; offenbar hatte sich die Flüssigkeit an der Ligula gestaut, war dann seitlich übergetreten und an den Rändern der Scheide entlang gelaufen, von wo aus sie ihren Weg in den Zwischenraum nahm.

Dieser Versuch ist von allgemeinem biologischen Interesse, weil er die Wirksamkeit der Ligula als Schutzmittel für Stengel und Scheide erhärtet. Der eben beschriebene Ausnahmefall aber beantwortet die Frage nach dem Wege des Honigtaus bei seinem Übertritt von der Spreite auf die Innenfläche der Blattscheide. In der Tat finden sich bei Beginn der Scheidenbakteriose die charakteristischen Rötungen sehr häufig nur in den Randpartien. Daß außerdem jede kleine Undichtigkeit in der Ligula eine Eingangspforte für die Flüssigkeit abgibt und infolge von Kapillarattraktion der einmal eröffnete Weg benutzt werden wird, solange noch Flüssigkeit vorhanden ist, leuchtet ohne weiteres ein.

Überhaupt muß zwischen dem allmählichen Einsickern kleiner Flüssigkeitsmengen wie des Honigtaus, das tatsächlich überall stattfindet, wo die durch den Tau der Nacht vereinigten Tropfen des Aphidensekrets sich an der Basis der

Blattspreite stauen, und der Wirkung von Regengüssen unterschieden werden. Gegen ersteres ist die *Sorghum*-Pflanze nachweislich nicht geschützt, wohl aber gegen das Eindringen beträchtlicher Wassermengen, wenigstens solange die Scheiden nicht gelockert sind. Denn andernfalls müßte der Regen im stande sein, den zwischen Stengel und Scheide eingedrungenen oder hier produzierten Honigtau wieder auszuwaschen. Daß letzteres nicht geschieht, lehrt unter anderem die in Ostafrika in zahllosen Fällen von mir beobachtete Tatsache, daß in späteren Monaten, wenn die Scheiden verdorren und abfallen, die vorher von ihnen bedeckten Stengelglieder durch Rußtauüberzüge schwarz gefärbt sind, während die zugehörigen Blattspreiten, von denen der Regen rechtzeitig das Aphidensekret abgespült hatte, von dieser Epiphytenvegetation frei waren.

Daß Zerstörungen des Scheidengewebes, namentlich, wenn sie weiteren Umfang annehmen und von Fäulnis begleitet sind, auf Funktionen und Lebensdauer des zugehörigen Blattes und somit der ganzen Pflanze von schädigendem Einfluß sein müssen, bedarf kaum näherer Begründung.

Der Nachteil für die Pflanze und ihre Stoffproduktion wird um so größer sein, je weiter die Pflanze in ihrer Entwicklung zurück ist. Da aber die Aphiden, die eigentlichen Urheber dieses Übels, mit Vorliebe gerade die wachsenden Pflanzen befallen, so vereinigen sich meist die äußeren Bedingungen in einer für die Pflanze höchst ungünstigen Konstellation.

Wie bekannt, werden Bakteriosen und bakterielle Fäulnisprozesse durch Feuchtigkeit in hohem Maße gefördert. So kann unter dem Einflusse anhaltender Nässe die Bakteriose von der Scheide eines Hauptsproßblattes auf den in seiner Achsel entspringenden Seitensproß übergehen. Und zwar entsprechen dann die Korrosionen der Seitensproßscheide örtlich genau den infizierten Stellen der enganliegenden Hauptsproßscheide. Den gleichen Vorgang kann man bei wachsenden Exemplaren an den einander deckenden Scheiden des Hauptsprosses beobachten, wo dann jeweils die Außenseite der inneren von der Innenseite der äußeren Scheide aus infiziert wird. Bei Besprechung der Pilzkrankheiten werde ich diese Art der Infektion, die als „Kontakt-Infektion“ bezeichnet werden mag, eingehender behandeln.

Bakteriosen des Stengels.

Viel seltener, als die Übertragung von Scheide zu Scheide, trifft man bakterielle Korrosionen der Stengelrinde an. Auch diese kommen durch Kontakt-Infektion zu stande und auch hierbei dienen die Stomata als Eingangspforten. Der Stengel ist der Erkrankung kaum unterworfen. Weniger, als die Widerstandsfähigkeit seiner holzigen Gewebe mag dazu der feine weißliche Wachsüberzug beitragen, der den Stengel in seiner ganzen Ausdehnung bedeckt und der einen natürlichen Schutz bildet, indem er eine Benetzung und Erweichung der Epidermis verhindert.[1] Nur so läßt es sich erklären, daß der unverletzte Stengel

[1] Nach De Bary (Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane, S. 88) besteht der Wachsüberzug der *Sorghum*-Stengel, ähnlich wie bei *Saccharum* u. a., aus Stäbchen; es wäre möglich,

verhältnismäßig selten infiziert ist und er selbst unter einer sehr stark befallenen Blattscheide völlig gesund bleiben kann. Denn die innige und ständige Berührung mit der stark erkrankten Scheide müßte eigentlich eine besonders günstige Gelegenheit zur Infektion bilden.

Die Bakteriose der Stengelrinde beginnt wie gesagt, mit der Einwanderung der auf der Epidermis angesammelten Bakterien in die Spaltöffnungen, einem Vorgange, der von intensivster Verfärbung der angrenzenden Gewebepartien und deutlicher Quellung der Membranen begleitet ist. Schon in kurzer Zeit nimmt diese Quellung so starke Dimensionen an, daß die Lumina der Zellen verschwinden und durch eine homogene, mehr oder weniger stark gefärbte Masse ersetzt werden. Da, wie ich oben bemerkte, nur jüngere Stengel mit verhältnismäßig weicher Rinde derart angegriffen werden, handelt es sich um noch quellungsfähige Cellulosemembranen. Ob man hier eine Gummifizierung der Membranen (Dextran-Bildung?) vor sich hat, ob diese durch ein Bakterienferment oder durch ein von der Pflanze selbst gebildetes Enzym bewirkt wird, muß ich dahin gestellt sein lassen. Verfärbung der Membranen und Gummibildung müssen natürlich als zwei verschiedene Vorgänge auseinander gehalten werden, da sie keineswegs dieselbe Entstehungsursache zu haben brauchen.

Im weiteren Verlauf der Bakterieninvasion wird die Epidermis zerstört und danach das angrenzende Parenchym angegriffen.

Häufiger trat in Buitenzorg eine kombinierte *Fusarium*- und Bakterienfäule auf, die wir unten besprechen werden (Vergl. Taf. V Fig. 21).

Starke Rötungen auf der Stengelrinde, wie sie Fig. 4 auf Tafel VI in seltener Häufung darstellt, lassen keineswegs immer auf den Beginn bakterieller Korrosion schließen; meist sogar handelt es sich nur um intensive Verfärbungen infolge von Verstopfung der Spaltöffnungen.

Bakteriose der Blütenanlagen.

Endlich haben wir noch des Falles zu gedenken, daß auch der jugendliche Blütenstand der bakteriellen Fäulnis anheimfällt. Einen solchen Vorgang habe ich nur einmal beobachtet und zwar an einem Exemplar meines Buitenzorger Versuchsfeldes, das von Aphiden und Cikaden (*Dicranotropis*) gemeinschaftlich befallen war und infolgedessen schon die meisten seiner Blätter eingebüßt hatte. Die Spitze des Blütenstandes war verkümmert und gebräunt. Auch hier handelte es sich um eine abnorme und für die Pflanze sehr ungünstige Vereinigung verschiedener schädlicher Faktoren, wie sie in der Heimat der betreffenden Form (Unter-Ägypten) kaum zu stande kommen dürfte. Bei gleichzeitiger Brand- und *Fusarium*-Infektion war in Buitenzorg wiederholt eine Fäule des Blütenstandes zu beobachten. (S. u.)

---

daß diese Stäbchen sich ebenso über den Spaltöffnungen zusammenwölben, wie das De Bary (l. c. S. 90) für die Blätter von *Strelitzia ovata* abgebildet hat. Die Immunität der Stengelrinde gegen Fäulnisprozesse aller Art würde durch einen solchen Schutz der Stomata wesentlich erhöht werden.

4. Einfluß von Klima und Witterung auf die Blattlaus-Krankheit.

Die Berichte derjenigen Bezirksämter und Stationen Deutsch-Ostafrikas, in deren Verwaltungsgebieten die Blattlauskrankheit in den ersten Jahren des neuen Jahrhunderts aufgetreten war, stimmten darin überein, daß die Plage stets im Gefolge von Dürreperioden auftritt und daß sie durch rechtzeitiges Eintreten von Regenwetter in ihrer Weiterentwicklung gestört wird.[1]) Wie wir oben erwähnt haben, war von den Maskat-Arabern die gleiche Erscheinung in ihrer Heimat am Persischen Meerbusen schon früher beobachtet worden.

Besonders lehrreiche Wahrnehmungen über Zusammenhang zwischen Witterung und Auftreten der Blattläuse auf der afrikanischen Hirse konnte ich im Frühjahr 1903 im Hinterlande von Lindi machen. Die Saatperiode fällt in dieser Gegend in die Zeit von Ende November bis Anfang Januar — je nach Beginn der „großen" Regenzeit. Die Ernte fällt in die Monate Juni und Juli.

Nach einstimmiger Aussage der Araber wie der Eingeborenen waren im Winter bei der anfangs herrschenden Trockenheit die *Sorghum*-Pflanzen stark von Läusen befallen gewesen. Die in dieser Periode entwickelten (unteren) Blätter, hatten sich trotz der noch zur rechten Zeit eintretenden starken Regenfälle nicht wieder von dem Angriff erholt, sondern hingen schlaff und mehr oder weniger vertrocknet herab. (Mitte Mai). An der Rußtaubekleidung der Pflanzen konnte man deutlich erkennen, wie weit der Einfluß der Trockenperiode gereicht hatte.[2]) Die oberhalb dieser schwarzen „Trockenheitsmarke" entwickelten Blätter zeigten dagegen keine Spur von Blattlausbefall, sie waren frischgrün und kräftig geblieben.

„Als der Regen kam, verschwanden die kleinen Tiere und der Honig von den Blättern" — sagten dazu die Araber — „und die Hirse wuchs vorzüglich".

Bei Seliman-Mamba (Akidat Ilulu) lag die oberste Grenze der Rußtaubekleidung etwa in Brusthöhe, im Osten des Muëra-Plateaus, wo die Seewinde noch wirksam sind und eine größere Niederschlagsbildung vermitteln, durchschnittlich etwa 20 cm niedriger.

Im Gebiet der Matumbi-Berge (Bez. Kilwa) dagegen hatte man in der gleichen Saatperiode sehr spät, sogar zu spät bestellt, so daß sich die Pflanzen vollständig während der Regenzeit entwickelten und von Aphiden verschont blieben. Wenigstens habe ich während meiner Reise durch dieses interessante Bergland (Anfang Juli 1903) keine deutlichen Spuren von Blattlaustätigkeit und begreiflicherweise auch keinen Rußtau gefunden. —

Betrachten wir nun gegenüber der von zahlreichen durchaus zuverlässigen Beobachtern und zugleich langjährigen Kennern Ostafrikas verbürgten Tatsache, daß die Blattlauskrankheit dort nur in abnorm trockenen Jahren oder Perioden in beachtenswertem Umfange auftritt, die Erfahrungen, die man auf Java in dieser Richtung gemacht hat.

---

[1]) Vergl. z. B. Berichte über Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika. I. (Heidelberg, Winter, 1902/3), S. 113 u. 263.

[2]) S. o. S. 336.

Aphis sacchari findet sich nach Zehntner[1]) in geringer Anzahl auf dem Zuckerrohr das ganze Jahr hindurch, am zahlreichsten aber tritt die Laus gegen Ende des Westmonsuns (d. h. der Regenperiode) und auf feuchten Stellen auch noch im Ostmonsun (Trockenzeit) auf. Während der Regenzeit im Winter 1902/3 war diese Art ein ständiger Bewohner der *Sorghum*-Pflanzen meines Versuchsfeldes.

Ceratovacuna lanigera Zehntn.[2]), eine andere Aphide des Zuckerrohrs, mit der *A. sacchari* in ihrem Auftreten die meiste Übereinstimmung zeigen soll, beobachtet man zuerst nach den ersten Regen und vornehmlich an feuchten und schattigen Stellen. „Mit dem Aufhören der Regenperiode werden die Lebensbedingungen für das Insekt weniger günstig: während des Ostmonsuns sind die Läuse recht selten und ihr Auftreten beschränkt sich auf kleine Kolonien auf wildem Rohr,[3]) von dem sie im Westmonsun wieder in die Pflanzungen übertreten.“

Über *Aphis adusta* teilt Zehntner[4]) in dieser Hinsicht nichts mit; das Insekt soll immer nur auf vereinzelten Zuckerrohrpflanzen auftreten und niemals größere Ausbreitung gewinnen. Auf den *Sorghum*-Pflanzen meines Versuchfeldes in Buitenzorg machte sich gerade diese Art während der ganzen Dauer der Regenzeit besonders bemerkbar, während ich sie in Ostafrika nur vereinzelt und zwar während der Trockenperiode fand. Nach meinen Buitenzorger Beobachtungen zu urteilen, muß ihr die dauernde große Feuchtigkeit während ihrer Entwicklung auf der *Sorghum*-Hirse besonders zusagen. Da *A. adusta* im Blatttrichter der Pflanzen sich aufhält, ist sie den Niederschlägen in erhöhtem Maße ausgesetzt.

In Ostafrika spielt *A. adusta* bei der Blattlauskrankheit der Hirse gegenüber *A. sacchari* jedenfalls eine ganz untergeordnete Rolle.

Wenn auch das vorliegende Beobachtungsmaterial über die fraglichen Aphiden noch in vielen Punkten der Ergänzung bedarf, so läßt sich doch daraus soviel ersehen, daß die Blattlauskrankheit des Zuckerrohrs auf Java in der regenreichen Periode ihren Höhepunkt erreicht, während beim *Sorghum* in Ostafrika das Umgekehrte der Fall ist.[5])

Aus dem Verhalten der Aphiden zur *Sorghum*-Pflanze in Ostafrika läßt sich vorläufig nichts anderes folgern, als daß die betreffenden Arten — wohl fast ausschließlich *A. sacchari* — bei Dürreperioden genötigt werden, die Hirse aufzusuchen. Vermutlich werden ihre eigentlichen Nährpflanzen

[1]) Archief voor de Java-Suikerindustrie 1901, S. 673 f.

[2]) Ebenda 1900, S. 1013 ff.

[3]) *Saccharum spontaneum* L. und *S. Soltwedelii* Kobus.

[4]) Archief 1901, S. 687.

[5]) In einer soeben erschienenen kurzen Mitteilung von Barber über die *Sorghum*-Krankheiten in der Präsidentschaft Madras heißt es, daß die Aphiden-Krankheit bei trockenen heißen Winden und Mangel an Regen auftrete; aus einem Distrikt (Kistna) sei gemeldet worden, daß sie sowohl bei außergewöhnlich hohem Regenfall wie auch bei andauernder Trockenheit beobachtet worden sei! (Barber, Diseases of *Andropogon Sorghum* in the Madras Presidency. Department of Land Records and Agriculture, Madras. Vol. II, Bull. No. 49, 1904.)

durch die Trockenheit so ungünstig beeinflußt, daß die Aphiden auf ihnen nicht die erforderliche Nahrung finden. Ihr angeblich schnelles Verschwinden aus den Hirsefeldern bei Eintritt von Regen hätte man sich entweder so zu erklären, daß durch die Niederschläge die mehr begehrten Nährpflanzen im Wachstum gefördert und von inzwischen entwickelten geflügelten Generationen alsbald aufgesucht würden, die *Sorghum*-Hirse also nur in der Not als „Zwischenpflanze" diente, oder daß bei Eintritt von Regen die tierischen Feinde der Läuse sich reichlich vermehrten und deren Vernichtung vollzögen.

Auch bevor wir den ganzen, vielleicht recht komplizierten Entwicklungscyklus der fraglichen Aphiden kennen, müssen wir annehmen, daß ihre Entwicklung der Vegetationsperiode der Nährpflanzen angepaßt ist. Ebenso ist es wahrscheinlich, daß die in klimatisch so durchaus verschiedenen Gebieten, wie Westjava und Ostafrika lebenden Arten sich den hier und dort waltenden Klimaverhältnissen angepaßt haben, wodurch ein verschiedenes Verhalten derselben Art in beiden Gebieten — sogar derselben Nährpflanze gegenüber — erklärlich würde.

In denjenigen tropischen Gegenden, deren Klima eine scharfe Scheidung von Regen- und Trockenzeit mit sich bringt, dürfte das Stadium üppigster Vermehrung der Blattläuse immer in die Periode nach den ersten Regengüssen fallen, weil dann die gesamte Vegetation den größten Saftreichtum aufweist. In solchen Gebieten, die fast das ganze Jahr hindurch mit Niederschlägen bedacht werden — wie z. B. Buitenzorg und das Küstenland von Kamerun — werden möglicherweise die biologischen Verhältnisse der Aphiden entsprechende Abweichungen zeigen.

Noch wissen wir über die Biologie der uns interessierenden Arten recht wenig. Es bleibt u. a. zu erforschen, wo und wie die „Überwinterung", das Überdauern der Trockenzeit vor sich geht, wie die Tiere dabei sich und ihre Eier gegen die in Ostafrika zu Ende dieser Periode alljährlich angelegten Brände schützen und auf welchen Pflanzen sie ihre „Sommerperiode" beginnen. Da die Mehrzahl der dort einheimischen Gewächse — sowohl der einjährigen wie der perennierenden — ihre Blätter bereits vor der Bestellzeit des Getreides hervorsprießen lassen, braucht der Beginn der Sommerperiode der Aphiden nicht mit der Vegetationsperiode des Getreides zusammenzufallen.

Weiter kann hier nicht auf diese Fragen eingegangen werden; ich wollte nur andeuten, wie weit wir mit unseren Kenntnissen über die fraglichen Schädlinge noch im Rückstande sind und daß sich auch auf diesem Gebiete der naturwissenschaftlichen Forschung in den Tropen noch ein weites Feld eröffnet.

Bei uns zu Lande scheint man sich weniger mit dem Einfluß der Witterung auf den Lebensgang der Blattläuse beschäftigt, als Witterung und Honigtau miteinander in Beziehung gebracht zu haben.[1]) Erklärlicherweise tritt die Honigtaubildung überall in trockenen Sommern viel reichlicher zu Tage, als in nassen, weil jeder Regen die Aphidensekrete schnell und gründlich von den Blättern abspülen kann. Hierauf mag sich auch Nördlingers[2]) Bemerkung beziehen: „Um diese Vorgänge

[1]) Büsgen a. a. O. S. 23 f.

[2]) Allgem. Forst- u. Jagdzeitung XXI (1855), S. 311.

zu begreifen, bedarf es keiner meteorologischen Beobachtungen, durch welche man sich vergeblich bemühte, Witterung und Honigtau in Verbindung zu bringen. ..."

Aus dem vermehrten Auftreten des Honigtaus in trockenen Jahren hat man vielfach einen Rückschluß auf die unmittelbare Beeinflussung der Blattläuse durch die trockene Witterung gezogen. Nur bei Frank[1]) fand ich den Versuch einer exakten Erklärung. Er gibt für die europäischen blattbewohnenden Aphiden an, daß ihr Auftreten durch Trockenheit und Hitze ungemein begünstigt werde, indem unter solchen Verhältnissen eine stärkere Vermehrung der Tiere stattfinde.[2]) In trockenen heißen Sommern sei der Blattlausschaden auf unseren Kulturpflanzen am größten,[3]) da nicht nur das Wasserbedürfnis der Tiere, das Begehren nach den Säften der Pflanze bei trockener Luft erhöht werde, sondern zu gleicher Zeit auch die unmittelbare Wirkung der Trockenheit auf die Pflanze zur Geltung käme.

Hierdurch werden wir zugleich auf die Frage nach dem von den Blattläusen in Hirsekulturen angerichteten Schaden hingeleitet.

Wie in den vorhergehenden Kapiteln im einzelnen ausführlich erörtert wurde, kann man über die schädigenden Wirkungen der verschiedenen in Betracht kommenden Faktoren — Saftentziehung, Zerstörung der Blattscheide durch Fäulnisprozesse und Beeinträchtigung der Assimilation durch Rußtaubekleidung — nicht mehr im Zweifel sein.

In dem Ernteergebnis der gesamten, auf einem Felde vereinigten Pflanzen müssen diese, dem Einzelindividuum zugefügten Schädigungen notwendigerweise zum Ausdruck kommen. Und zwar wird der Ausfall an Kornertrag von dem Grade des Aphiden-Befalles und dem Zusammenwirken obiger Faktoren abhängig sein.

Den durch die Blattlauskrankheit der Hirse hervorgerufenen Schaden schätzungsweise oder gar zahlenmäßig zu berechnen, ist jedoch ganz unmöglich, weil — wie genugsam hervorgehoben wurde — die Krankheit in Ostafrika stets im Gefolge von Dürreperioden oder im Verein mit diesen auftritt. Ebensowenig wie sich nachweisen läßt, in welchem Grade die *Sorghum*-Pflanze schon durch die Trockenheit allein geschwächt worden war,[4]) wird man den durch den Mangel an Niederschlägen allein bedingten Ausfall vom Blattlausschaden trennen können.

Ich habe bereits der auf meinen Beobachtungen an Ort und Stelle basierten Überzeugung Ausdruck gegeben, daß dieser Schaden bei massenhaftem Auftreten der

---

[1]) Die Krankheiten der Pflanzen, Bd. III. Breslau (1896), S. 137.

[2]) Brandes nennt die Aphiden direkt: „wärmebedürftige Tiere" (Zeitschr. f. Naturwissensch. **66** (1893), S. 98).

[3]) Dies gilt z. B. für die auf unseren Getreidearten lebende *Siphonophora cerealis* Kaltenb. (Frank a. a. O. S. 140.)

[4]) Ich möchte hier einige Sätze aus A. F. Woods' mehrfach zitierter Arbeit anführen. Woods sagt S. 25 u. a.: „The effect of the disease on the plant as a whole depends upon the individual vigor of the plant and upon the number of punctures" und S. 28: „The carnation is readily influenced by the conditions, under which it is grown, and as a result its reaction to the injuries of the aphides, thrips and spiders ...."

Aphiden und langandauerndem Befall nicht zu unterschätzen sei, da selbst in Anbetracht der Größe der Pflanze und der assimilierenden Fläche der Verlust an Kohlenhydraten ganz erheblich sein muß.[1] Jedoch wäre es durchaus verkehrt, die großen Verheerungen in den *Sorghum*-Ernten der vergangenen Jahre den Blattläusen auf Rechnung zu setzen. Vielmehr hat man die Hauptursache der Ernteausfälle in der damals herrschenden außergewöhnlichen Dürre selbst zu suchen.

Würde es sich bei der Hirse um eine Europäer-Kultur handeln, würde das Negerkorn einen höheren Geldwert repräsentieren, als der Fall ist, so würde man allerdings auf eine direkte Bekämpfung der Blattläuse ebensowenig verzichten können, wie in der Zuckerrohrkultur auf Java.[2] Unter den bestehenden Umständen aber würde der Preis der Bekämpfungsmittel — selbst wenn der Neger solche anzuwenden im stande wäre — in keinem Verhältnis zu den durch die Bekämpfung gewonnenen Werten stehen.

Überhaupt handelt es sich im vorliegenden Falle weniger darum, die Exportziffern vor zu starkem Niedergange zu bewahren, als vielmehr Vorbeugungsmaßregeln gegen die Folgen von Dürreperioden zu treffen.

Die Trockenjahre zu Anfang des Jahrhunderts haben in verschiedensten Gegenden Deutsch-Ostafrikas Hungersnot zur Folge gehabt, deren furchtbare Äußerungen in der Kolonie noch in frischer Erinnerung sein dürften. Derartige Episoden würden bei Widerkehr von Dürrezeiten unmöglich werden, wenn der Neger dazu erzogen werden könnte, seine Existenz für ein volles Jahr nicht auf den Anbau eines einzigen Getreides allein, der gegen Witterungsabnormitäten so empfindlichen *Sorghum*-Hirse zu setzen, und ferner, den Anbau von Feldfrüchten überhaupt über den voraussichtlichen eigenen Bedarf hinaus zu vergrößern. An beiden Fehlern krankt die Landwirtschaft der meisten einheimischen Stämme der Kolonie und in der Beseitigung dieser Fehler durch Belehrung wie durch vorbeugende und ausgleichende Maßregeln ist meines Erachtens das einzige sicher wirksame Mittel gegeben, um den schweren Folgen der Dürreperioden für die Zukunft begegnen zu können.

Die *Sorghum*-Hirse wird nach wie vor die wichtigste Kulturpflanze, der erste Ernährer des Volkes bleiben. In meinem vorläufigen Berichte an das Kaiserliche

---

[1]) Auch Zehntner warnt die Zuckerpflanzer davor, der Aphide *Ceratovacuna lanigera* zu wenig Gewicht beizulegen (Archief 1900, S. 1015).

In Europa hat man früher im allgemeinen der Ansicht zugeneigt, daß die Aphiden den von ihnen bewohnten Pflanzen und speziell den landwirtschaftlichen Kulturen erheblichen Schaden nicht zufügen (s. z. B. Kaltenbach a. a. O. S. XL), allmählich hat man jedoch diesen Standpunkt verlassen, und bei näherer Durchsicht der Literatur finden sich zahlreiche zuverlässige Angaben, die für verschiedene spezielle Fälle die schädlichen Wirkungen der Aphiden nachweisen. (Vergl. z. B. Kühn, Krankheiten der Kulturgewächse, II. Aufl. [Berlin 1859], S. 137f. Nördlinger in Kritische Bl. f. Forst- und Jagdwissenschaft **46**, 2 [1864], S. 136; Frank-Sorauer, Jahresber. d. Sonderausschusses für Pflanzenschutz 1893, S. 29, 30, 71, 72, 78, 101 und Woods a. a. O.) Allerdings bleibt dabei stets die Frage offen, ob und wie weit die betreffenden Kulturpflanzen bereits durch außergewöhnliche Trockenheit geschwächt worden waren.

[2]) Vergl. Zehntner, Archief 1900, S. 1015.

Gouvernement in Daressalâm[1]) habe ich bereits ausgeführt: „Ein völliges Aufgeben dieser Kultur soll und darf auch gar nicht angestrebt werden, sondern nur ein partieller Ersatz durch ein anderes Getreide — sei es Mais, Reis oder *Pennisetum*-Hirse — oder durch Hülsenfrüchte oder endlich durch Ölfrüchte, wie Sesam und Erdnüsse, die der Eingeborene auf den Markt bringen kann, um für den Erlös Getreide zu kaufen. Außer den klimatischen und Bodenverhältnissen wird für die Art des Ersatzanbaues in den einzelnen Ländern Ostafrikas deren Entfernung von der Küste maßgebend sein. Denn bei dem Mangel an Verkehrsmitteln kann ein auf den Verkauf des Produktes berechneter Anbau nur für die Küstenbezirke und ihr Hinterland in Frage kommen. Im fernen Innern fehlen entweder die Abnehmer, oder, sollten sie vorhanden sein, so nützt den Leuten, die ihre Produkte verkaufen, das Geld nichts, wenn sie kein Getreide dafür bekommen können. Ich denke dabei an die Verhältnisse, die ich zur Zeit der großen Hungersnot im Frühjahr 1901 am oberen Rovuma antraf.

In solchen Gebieten kann nur durch rationellen mehrgliedrigen Anbau den Gefahren einer Dürrezeit vorgebeugt werden. Die Stationschefs und die Wirtschaftsinspektoren finden in einem dahin zielenden Aufklärungsdienste ein reiches Feld der Betätigung."

Hierbei könnten die arabischen Akiden wertvolle Mithilfe leisten; bei den Arabern im Innern des Landes fand ich für derartige Fragen immer vollstes Verständnis.[2])

Es ist hier nicht der Ort, im einzelnen zu erläutern, wie der Fruchtwechsel und der mehrgliedrige Anbau in den einzelnen Teilen Ostafrikas zu organisieren wäre; in meinem demnächst erscheinenden Reisewerk werde ich diese Fragen eingehender behandeln. Hier kam es mir nur darauf an, den Weg anzudeuten, auf dem die Kolonie vor erneuten Schädigungen bewahrt werden kann.

II. Cikadelliden (*Dicranotropis vastatrix* Bredd.).

Zu Anfang Dezember 1902 fand ich zum ersten Male auf mehreren *Sorghum*-Pflanzen meines Buitenzorger Versuchsfeldes reichliche frische Schleimauflagerungen, die eine meist gelatinöse, teilweise fadenziehende Konsistenz aufwiesen und mit Fehlingscher Lösung keine Reaktion gaben. Diese Merkmale, wie auch die Zusammensetzung ihrer Flora und Fauna, deuteten darauf hin, daß die vorliegende Substanz nicht von Blattläusen herrühren konnte.

In der Tat ergab sich, daß auf den betreffenden Pflanzen Aphiden vollständig fehlten, an ihrer Stelle jedoch sowohl auf den Blattspreiten wie auf den Innenseiten der Scheiden ein anderes Insekt aus der Klasse der Rhynchoten mehr oder weniger zahlreich vorhanden war, das die betreffenden Ausscheidungen verursachte. Herr

[1]) „Tropenpflanzer" 1903, S. 525.

[2]) Bei Ntanda-Ngongóro (Lindi-Bezirk) hatten z. B. die Araber im Frühjahr 1903, als die Hirse anfänglich unter der Dürre litt und stark von Aphiden besetzt war, Sesam zwischen die *Sorghum*-Reihen gesät, um für alle Fälle Ertrag aus ihren Feldern zu ziehen.

Dr. Melichar in Wien bestimmte das Tier als *Dicranotropis vastatrix* Breddin,[1]) zu den Kleinzirpen (Cicadellidae) und zwar zur Unterfamilie Delphacinae gehörig.

Dieses Insekt ist zuerst als Schädling des Zuckerrohrs auf Java von W. Krüger gesammelt und darauf von Breddin[2]) beschrieben worden. Krüger[3]) gibt an, daß Dicranotropis vastatrix auf Java sehr verbreitet sei und fügt hinzu: „lebt verborgen hinter den Blattscheiden und sticht diese und den Blattnerv, worin auch die Eier abgelegt werden, an. Auch auf Sorghum. Aufgescheucht fliegt sie auf kurze Entfernung von Stengel zu Stengel."

Die Larven sind 1,25—3,5 mm lang, anfangs einfarbig graugelb, später mit undeutlicher bräunlicher Zeichnung. Das entwickelte Insekt hat eine bleich-graugelbe Farbe; die Männchen sind dunkler gefärbt, als die Weibchen. Erstere sind 3,25 bis 3,5 (mit den Vorderflügeln 4,5) mm, letztere 4,5 (mit den Vorderflügeln 5,5—5,75) mm lang.

Über die Art der Schädigung, die Rohr oder Hirse erfahren, sowie über Schleimausscheidungen wird nichts angegeben.

Dicranotropis vastatrix scheint, wie das Koningsberger (s. u.) auch für die Erreger des „Omo Wereng" angibt, ein polyphager Gramineenparasit zu sein. Auch Zehntner führt das Insekt unter den Feinden des Zuckerrohrs auf,[4]) das sie in großer Zahl und allen möglichen Entwicklungsstadien auf der Innenseite der Blattscheiden beherbergt. Das Insekt sticht auch dort sowohl Spreiten, wie Scheiden an und legt seine Eier zu 3—6 in den Mittelnerv des Blattes ab. Zehntner gibt weiter an, daß durch die Eiablage rote oder braunrote Flecke entstehen und schließlich das Gewebe abstirbt. Oftmals sei der Hauptnerv über große Strecken hin und zwar vornehmlich im untersten Teil gleichsam mit Eiern „gespickt". Auch in die Blattscheiden werden hier und da Eier abgelegt.

Cicadelliden und speziell Delphacinen sind als Getreideparasiten aus den Tropen[5]) mehrfach bekannt geworden; so soll z. B. auf Ceylon *Liburnia furcifera* Horv. dem Reise und *L. psylloides* Leth. für Mais sehr schädlich sein,[6]) und nach Koningsberger[7]) sind Vertreter verschiedener anderer Gattungen für die „Omo Wereng"-Krankheit der Reisfelder Javas verantwortlich zu machen. Wie Koningsberger

[1]) Melichar glaubt, daß auch *Dicranotropis nigropunctatus* Motsch. von Ceylon mit D. vastatrix identisch sei (Homopteren-Fauna von Ceylon. Berlin [Dames] 1903).

[2]) Javanische Zuckerrohrschädlinge a. d. Familie der Rhynchoten. Deutsche Entomolog. Zeitschr. 1896, S. 105 ff.

[3]) Bei Breddin a. a. O.

[4]) Overzicht van de ziekten van het Suikerriet op Java. 2de Deel. Archief voor de Java-Suikerindustrie 1897, Afl. 10.

[5]) Auf die einheimischen Schädlinge aus dieser Familie kann ich hier nicht eingehen, möchte aber auf die Literatur über *Jassus sexnotatus* Fallen. verweisen, aus der der Leser manche Parallelen zwischen dieser Zwergcikade und *Dicranotropis* wird entnehmen können. (Vergl. Letzner in Abhandl. Schles. Gesellsch. Vaterl. Kultur 1864, S. 1 ff.; F. Cohn ebenda 1869, S. 177 ff.; Frank in Arb. Deutsch. Landwirtsch. Gesellsch. Heft 5 [1894] S. 17 ff.; Derselbe in Deutsche Landwirtsch. Presse XXI [1894] S. 133 ff.)

[6]) Melichar, Homopteren-Fauna von Ceylon. Berlin (Dames) 1903.

[7]) Koningsberger, Ziekten van Rijst, Tabak, Thee en andere Cultuurgewassen. Mededeelingen uit 's Lands Plantentuin LXIV. Batavia 1903.

mitteilt, legen diese Insekten in die basalen Teile der jungen Reispflanzen ihre Eier ab, aus denen sich schnell und in großer Zahl ungeflügelte Larven entwickeln, welche dann die Blattscheiden anstechen und aussaugen. Die Blattscheiden werden dadurch nach der Reihe zum Absterben gebracht, worauf die Larven schließlich den blütentragenden Halm selbst angreifen und ihn meistens ebenfalls abtöten. Gewöhnlich sollen mehrere Generationen des Insektes an dem Vernichtungswerke beteiligt sein.

Auch auf *Sorghum*-Blättern sammelte Geh. Rat Stuhlmann im November 1901 bei Daressalâm einige Delphacinen und zwar nach Mitteilung des Herrn Melichar eine bereits aus dem Lande der Arussi-Galla bekannte *Liburnia*-Art *L. testacea* de Carlini[1]) und eine neue *Dicranotropis*, die als *D. Sorghi* beschrieben werden soll.

Und endlich sind noch zu nennen: *Eumetopina Krügeri* Breddin, die ebenso wie *Dicranotropis vastatrix* auf Zuckerrohr lebt, aber bisher nur an vereinzelten Stellen auf Java (Semarang) und Borneo (Sambas) bekannt geworden ist,[2]) *Delphax saccharivora* Westwood und *Phenice maculosa* Westwood, beide auf Zuckerrohr.[3])



Fig. 5.

Querschnitt durch eine Blattscheide. Der Epidermis der Innenseite (i) liegt eine dicke Schicht von Cikadensekret (s) auf; die darin enthaltenen Bakterien haben sich über den Spaltöffnungen (×) zu größeren Schwärmen angesammelt. Zwei Cikadenstiche sind durch Bakterien zu großen Höhlungen (h) erweitert worden; in jeder Höhlung liegt ein größerer Bakterienschwarm. (a = Außenseite, g = Gefäßbündel.)

Weitere Beobachtungen über die Biologie aller dieser Tiere liegen nicht vor.

Die Eier von *Dicranotropis* werden bei Sorghum vornehmlich in die Blattscheiden und zwar von deren Innenseite aus abgelegt; ich fand bis zu 5 in einem Legestich. Der Stichkanal durchdringt das Mesophyll oft in seiner ganzen Breite; anfänglich fein und schmal, wird er später durch bakterielle Tätigkeit oft zu einer ansehnlichen Höhlung[4])

---

[1]) Beschrieben von de Carlini in Ann. Mus. Genova XXXV (1895) S. 124.

[2]) Breddin a. a. O. S. 110.

[3]) W. Krüger, Das Zuckerrohr und seine Kultur (1899) S. 312f.

[4]) Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß im Innern der Scheiden in einem gewissen Alter normalerweise regelmäßige Gewebelücken auftreten, entstanden durch Zerreißen und Zusammenfallen des dünnwandigen Mesophylls. Diese Lücken sind von den auf pathologischem Wege entstandenen Höhlungen schon dadurch zu unterscheiden, daß sie in keiner Kommunikation mit außen stehen. Auch zeigt das die Lücken auskleidende verschrumpfte Gewebe unter normalen Verhältnissen keine Rotfärbung. Bei der wilden Hirse (*subsp. halepensis*) erreichen diese Lücken ungleich mächtigere Dimensionen,

erweitert. (Fig. 5.) Wie beim Zuckerrohr[1]) vielleicht noch in erhöhtem Maße, findet in der Umgebung des Stichkanals eine intensive Rötung des Gewebes statt, die sich bis zur Schwärzung fast steigern kann; unter dem Mikroskop beobachtet man mehr oder weniger starke Schrumpfung der angrenzenden Zellen. Bei Häufung der Legestiche wird die Blattscheide zum Absterben gebracht, an den am tiefsten verfärbten und korrodierten Stellen bilden sich Längsrisse von größerer oder geringerer Ausdehnung. Übrigens werden auch die Spreiten zur Eiablage benutzt, wenn auch seltener, als die Scheide. Wie beim Zuckerrohr, so wird auch hier das Gewebe in unmittelbarer Nähe des Mittelnervs bevorzugt, und zwar, soweit ich feststellen konnte, nur am Grunde des Blattes.

Lange, nachdem die jungen Larven ausgeschlüpt sind, kann man die betreffenden Stellen in Gestalt rotumrandeter, innen fahlgelblicher Flecken erkennen. Bei näherer Untersuchung zeigt sich, daß das Mesophyll bis auf die untere Epidermis vernichtet ist. Es haben sich große Höhlungen gebildet, wobei außer den Bakterien auch die Saugtätigkeit der jungen Larven mitgewirkt hat, deren Häute, vom eingedickten Schleim verklebt, in Unzahl auf der Blattfläche zurückbleiben. Die dichte und starke Schleimdecke verhindert dann eine schnelle Vernarbung der Wunden, wie sie sonst im allgemeinen auf der Blattfläche vor sich geht; oft kleiden noch Bakterienmassen in mehr oder weniger dünnen Lagen die Ränder der Wundräume aus. (Fig. 6 stellt den Querschnitt durch einen Komplex derartig entstandener Hohlräume im Mesophyll dar. Weniger vorgeschrittene Stadien gleichen den auf Taf. V, Fig. 16 abgebildeten erweiterten Aphidenstich.)



Fig. 6.
Erweiterte Legestiche von *Dicranotropis vastatrix* am Grunde der Blattspreite. Das Mesophyll ist bis zur unteren Epidermis vernichtet. Querschnitt. Vergr. 28.

Es bedarf keines besonderen Hinweises, daß die Blattspreite einem derart forcierten Angriffe nur selten Stand zu halten vermag, zumal bei nassem Wetter, wenn Bakterien und Pilze zur Erweiterung der Wunden beitragen und das Absterben der Gewebe beschleunigen helfen. Namentlich die jüngeren noch zarten Blätter verfallen schnell, d. h. sie knicken am Grunde ab oder vertrocknen, und ich habe Pflanzen getroffen, die ihre 4—5 obersten entfalteten Spreiten auf diese Weise verloren hatten. Man sieht hieraus, daß die Besiedelung mit *Dicranotropis* für die Pflanze recht fühlbare Folgen nach sich ziehen kann.

Das Auftreten der Cikade auf meinen *Sorghum*-Pflanzen wurde — wie erwähnt — zuerst am 10. Dezember bemerkt und war noch kurz vor meiner Abreise von Buitenzorg in den letzten Tagen des Februar zu beobachten. Während dieser ganzen Zeit fielen, mit wenigen Ausnahmen, täglich schwere Regen. Der Zeitpunkt, an welchem die Eiablage begonnen hatte, ließ sich natürlich nicht mehr feststellen. Ich vermute,

als bei den Kulturformen. Hier, bei *subsp. halepensis*, geht alles dünnwandige Mesophyll zu Grunde; nur über den größeren Gefäßbündeln sind Träger von dickwandigerem Parenchym ausgebildet, die dem Verfall nicht unterliegen.

[1]) S. Taf. XIV, Fig. 1c in W. Krügers vorher zitiertem ausgezeichneten Werke.

daß er schon mit einem jugendlicheren Entwicklungsstadium der *Sorghum*-Pflanzen zusammenfiel, da die unteren (älteren) stark befallenen Blattscheiden bereits zu Anfang Dezember sichtbare Spuren längerer Saugetätigkeit der Larven trugen.

Am 16. Dezember wurden noch Eier im Gewebe des Blattes nachgewiesen. Die Cikadenlarven wurden sowohl auf der Ober-, wie auch (seltener) auf der Unterseite der entfalteten Blätter, doch stets am Grunde der Spreite, ferner im Blatttrichter der Gipfeltriebe angetroffen; besonders zahlreich aber fanden sie sich auf der Innenseite der Blattscheide. Ihre Tätigkeit begann am Grunde der Pflanze und schritt allmählich bis zum Gipfeltriebe vor. Je nach dem Entwicklungszustande der Tiere waren vorwiegend Larven oder Häute oder auch nur eines von beiden vorhanden.

Wie zu Beginn dieses Kapitels erwähnt, war das Auftreten der *Dicranotropis*-Larven auf meinen *Sorghum*-Pflanzen von reichlichen Schleimabsonderungen begleitet. Der Schleim wird dank seiner physikalischen Beschaffenheit nicht, wie der Honigtau der Blattläuse, von Regen oder Tau leicht abgespült, sondern er bleibt an den Orten der Saugtätigkeit und umgibt die jungen Larven, bis sie eigenes Springvermögen besitzen. Bisweilen nahm die Schleimbildung ungeheure Ausdehnung an; die befallenen Pflanzen trieften förmlich von dem Sekret, namentlich der Raum zwischen Scheide und Stengel, der außer für die Eiablage auch aus einem später zu erörternden Grunde als Aufenthaltsort von den Tieren bevorzugt wird.

Die saugenden *Dicranotropis*-Larven bilden, wie die Aphiden[1]) oft tiefe und vielverzweigte Stichkanäle. Immer berühren diese die Gefäßbündel oder vielmehr das die letzteren unmittelbar umgebende, mit Inhaltstoffen dicht erfüllte Parenchym.[2])

Die Stiche der saugenden Larven erzeugen, ebenso wie die der Aphiden, auf den Blattspreiten mehr oder weniger eng begrenzte Rötungen des betroffenen Gewebes.[3]) Die Epidermis der Blattoberfläche fällt an diesen Stellen etwas zusammen, und die Wunde vernarbt zumeist.

Anders auf der Scheideninnenseite, wo sich die längere Einwirkung der großen Schleimmassen bemerkbar macht. Hier liegen die Verhältnisse für Pilz- und Bakterien-Invasion und Fäulnisprozesse außerordentlich günstig und, wie das mikroskopische Bild beweist, sind solche Vorgänge hier sehr häufige Folgeerscheinungen der Cikadentätigkeit.

Unter den Pilzen ist es namentlich *Fusarium*, das sich in Wundstellen ansiedelt und erfolgreich vegetiert. Die Besprechung der *Fusarium*-Fäule einem späteren Abschnitte vorbehaltend, wollen wir hier nur den Bakteriosen einige Worte widmen. Als Eingangspforten für Bakterien dienen die Stichkanäle, daneben auch die Spaltöffnungen. Wenn auch, der chemischen Beschaffenheit des Cikadensekretes entsprechend, dieses weit weniger Bakterien enthält, als der Honigtau, so sammeln sich doch über den Stomata dichte Schwärme an (siehe Fig. 5 auf S. 38) deren Menge

---

[1]) Vergl. Büsgen a. a. O. S. 40 f. und 49.

[2]) Über das analog verlaufende Sauggeschäft von *Aphrophora Salicis* vergl. Judeich und Nitsche, Lehrbuch der Mitteleuropäischen Forstinsektenkunde. Bd. II (Berlin 1895) S. 1191.

[3]) Vergl. F. Cohn (Abhandl. Schles. Gesellsch. f. Vaterländ. Kultur 1869, S. 185) über die von *Jassus sexnotatus* Fallen, hervorgerufenen Verfärbungen auf einheimischen Getreidearten.

vollständig genügt, um das Scheidengewebe an vielen Stellen anzugreifen. Äußerlich bemerkt man an den befallenen Scheiden anfangs starke lokale Rötungen, die dann mehr und mehr um sich greifen, so daß schließlich namentlich die älteren, unteren Scheiden über weite Strecken der Innenseite die früher beschriebenen und auf Taf. VI, Fig. 2 abgebildeten pastosen Färbungen aufweisen.[1]) Bisweilen nehmen sie einen fast schwarzen Ton an. Die Scheiden sterben dann bald ab (Fig. 7).

Werden die zarten Scheiden der obersten jüngsten Blätter befallen, so verkümmern diese und welken, wie wir es oben bei den Honigtau-Bakteriosen kennen gelernt haben. Übertragung der Fäulnis auf die Seitensproßscheiden durch Kontaktinfektion (s. o.) ist häufig, der Stengel dagegen wird im allgemeinen durch den Schleim nicht benetzt und daher nur selten angegriffen. Die Krankheitserscheinungen stimmen mit den an früherer Stelle (s. o. S. 29) geschilderten Stengelbakteriosen überein.

Daß übermäßige Schleimanhäufungen im Trichter der jungen Blattanlagen bei gleichzeitiger Brandinfektion auch Gipfelfäule zur Folge haben können, mag hier kurz erwähnt werden. Bei Besprechung der *Fusarium*krankheit wird ausführlicher darauf einzugehen sein.

Eine für die Deutung der vielbesprochenen Rotfärbungen bemerkenswerte Tatsache wäre hier noch zu erwähnen. Bei der Untersuchung der geröteten Gewebepartien zeigte es sich vielfach, daß auf der Innenseite der Scheiden Rotfärbung der Epidermis und des Hypoderms eingetreten war, ohne daß eine Verwundung oder Einwanderung von Bakterien durch die Spaltöffnungen nachzuweisen gewesen wäre. In solchen Fällen waren jedoch immer die Spaltöffnungen durch dichte Auflagerungen von gelatinösem Cikadensekret verstopft und es ließ sich nachweisen, daß die Rotfärbung von den Spaltöffnungen ausging und sich von hier aus zunächst tangential in der Epidermis fortpflanzte, um dann auch auf die tiefer gelegenen Gewebe überzugreifen. Fig. 5 auf Taf. VI gibt eine Flächenansicht der Epidermis der Scheideninnenseite mit verschiedenen Rötungsherden.

Es bleibt uns zum Schlusse noch einiges über die Beschaffenheit und die biologische Bedeutung des *Dicranotropis*-Sekrets zu sagen.

Im Gegensatze zu den Ausscheidungen der Schaumcikaden ist dieser Schleim niemals schaumig, sondern er stellt eine zunächst dünnflüssige, später gelatinöse und fadenziehende, klare oder doch nur schwach getrübte Substanz dar, die sich anfangs zum größten Teil in Wasser löst, allmählich aber diese Eigenschaft einzubüßen scheint. Andernfalls hätten auch die täglichen starken Regengüsse im Januar und Februar das Sekret schleunigst von den Blättern abwaschen müssen. Bei ständigem Wasserverlust bildet sich erst eine dichte feuchte Schicht, die sich ähnlich einer

[1]) Vielleicht haben Palmeri und Comes bei ihren Untersuchungen über die Rotfärbungen der Blattscheiden, als sie auf der Innenseite der Scheiden „einen schmutzig-weißen Reif", Myriaden von Bakterien und Hefezellen enthaltend, fanden, ebenfalls eingetrocknete Insekten-Ausscheidungen vor sich gehabt. (Palmeri e Comes in Rendiconto dell' Accademia dell' Scienze fisiche e matematiche di Napoli XXII [1883] S. 212).

Agar-Haut ohne Rückstand von dem betreffenden Pflanzenteil abheben läßt. Bei völligem Eintrocknen hinterläßt das Sekret einen sehr dünnen, weißen Überzug.



Fig. 7.

Gipfel einer von *Dicranotropis vastatrix* befallenen Pflanze. (In den Stichkanälen ***Fusarium***- und Bakterien-Fäule.) Die jüngsten Blätter des Hauptsprosses sind meist stark mitgenommen und verkrüppelt; von einigen sind nur noch Reste der Scheide sichtbar. Ein älteres Blatt ist an der Basis der Spreite wegen weitreichender Zerstörung der Mittelrippe geknickt.

Eine chemische Untersuchung des *Dicranotropis*-Schleimes auszuführen fehlte es mir mit Rücksicht auf dringendere Arbeiten an Zeit. Doch unterließ ich es niemals, die Zuckerprobe mit Fehlingscher Lösung auszuführen, die — wie schon

erwähnt — stets negativ ausfiel, wenn nicht gleichzeitig Aphiden anwesend waren.[1])

Die mikroskopische Untersuchung ergab die Anwesenheit zahlreicher Infusorien und Amoeben, einiger Insekteneier und Milben, wechselnder Mengen von Hefezellen und spärlicher Pilzmycelien (*Cladosporium*, *Fusarium* u. a. m.). Stets fand sich in geringerer oder größerer Menge eine unbewegliche und unverzweigte, 1 μ dicke, farblose und zartscheidige Chlamydobakteriacee[2]) (wahrscheinlich *Chlamydothrix* sp.), dagegen waren niedere Bakterien (Bacillaceen und Coccaceen) in ungleich geringerer Zahl vorhanden, als im Honigtau. Diese Tatsache, wie auch der Umstand, daß Pilze, die im Honigtau vorzüglich gediehen,[3]) im Cikadenschleim nur typisches „Hunger-Mycel" bildeten, waren durch die nachweisbare Abwesenheit des reduzierenden Zuckers leicht erklärt und ließen im übrigen darauf schließen, daß es für die betreffenden Organismen auch an sonstigem zusagenden Atmungsmaterial fehlte. Der Cikadenschleim verhielt sich ihnen gegenüber also gerade umgekehrt, wie der Honigtau der Blattläuse (*Aphis sacchari* und *Aphis adusta*). Andrerseits fanden sich im letzteren niemals Infusorien und Amoeben, überhaupt tierische Organismen vor.[4])

Diese Beobachtungen gewannen für mich noch an Interesse, als ich, nach Deutschland zurückgekehrt, mit einer Arbeit von Max Gruner bekannt wurde, die sich mit der Biologie und Chemie des „Kuckuckspeichels", der Ausscheidungen von *Aphrophora Salicis* de Geer und *Philaenus spumarius* L. beschäftigt.[5]) Gruner stellte u. a. fest, daß der Schleim dieser Schaumcikaden weder Eiweiß noch Zucker enthält,[6]) was ihn in seiner Ansicht bestärkte, „daß der Hauptteil des Schaumsekrets nichts anderes sein könne, als der im Darm der Cikaden von seinen nährenden Bestandteilen befreite und wahrscheinlich mit einigen Abfallsprodukten des tierischen Stoffwechsels beladene Nährpflanzensaft". Die Resorption der im Gewebe der Wirtpflanze enthaltenen Kohlenhydrate wird nach Gruner noch durch die Anwesenheit von Ptyalin oder eines analogen stärkeverzuckernden Enzyms in den Speicheldrüsen der *Aphrophora*-Larven erhöht.[7]) Dieses Enzym geht — wie er nachwies — in das Aftersekret der Cikaden über und Gruner hält es für möglich, daß die zähklebrige Konsistenz des Kuckuckspeichels auf die Anwesenheit von Ptyalin zurückzuführen sei. Das ist ohne weiteres nicht recht verständlich, weil eine einfache Lösung des Ferments allein derartige Eigenschaften nicht besitzt.

Wohl aber wäre es möglich, daß durch die hydrolysierenden Wirkungen des

---

[1]) Auch bei uns kommen in trocknen Jahren Zwergcikaden (*Jassus sexnotatus*) und Aphiden gleichzeitig auf demselben Getreide vor.

[2]) Einmal auch im Honigtau gefunden. S. o. S 335.

[3]) S. o. S. 335.

[4]) Über die Flora des Honigtaus vergl. Kap. I 3a dieser Arbeit.

[5]) Biologische Untersuchungen an Schaumcikaden. Inaug.-Diss. Berlin 1901.

[6]) Von der Mikrofauna des Kuckuckspeichels erwähnt er (S. 30): Amoeben, Infusorienarten in ungeheurer Individuenzahl, sowie eine Menge Rädertierchen.

[7]) Vergl. Kap. 3a des ersten Teils dieser Arbeit.

Speichelsekretes auf die Kohlenhydrate des angestochenen Gewebes einerseits und durch Kondensationsprozesse im Verdauungstraktus andrerseits Substanzen entstehen, die der Gruppe der „Pflanzenschleime" zuzurechnen sind (Dextran?) und daß diese sich im Aftersekret wiederfinden. Dafür würden auch die oben erwähnten Löslichkeitsverhältnisse wie überhaupt die physikalische Beschaffenheit des Schleimes von *Dicranotropis* sprechen.

Eine solche chemische Zusammensetzung des *Dicranotropis*-Sekrets, die natürlich erst durch die Analyse zu erhärten wäre, würde jenes Produkt den Aphiden-Sekreten näher bringen.

Wesentliche Übereinstimmungen nämlich würden mit dem Aftersekret der *Schizoneura lanuginosa* Th. Hart., einer auf Ulmen in Europa weitverbreiteten, gallenerzeugenden Aphide bestehen. In den Gallen findet sich als normales Sekretionsprodukt jener Läuse eine gummiähnliche Substanz, die nach Liebermanns Untersuchung[1]) zur Hauptmenge aus einem von ihm als „tierisches Dextran" bezeichneten Kohlenhydrat besteht.

Dieser Körper wird durch sein sehr starkes Drehungsvermögen ($[\alpha]_D = + 156{,}7$) von allen bekannten Gummiarten unterschieden, durch seine weiteren Eigenschaften jedoch vollständig als Gummi charakterisiert.

Der physiologische Unterschied bei der Verarbeitung der von der *Sorghum*-Pflanze gelieferten Nährstoffe durch *Aphis* einerseits und *Dicranotropis* andrerseits liegt also in der Abwesenheit reduzierenden Zuckers im Aftersekret der Delphacine. Gruner meint, „daß die Überlegenheit der Schaumcikaden über die Aphiden bezüglich der Ausnützung der Kohlenhydrate mit großer Wahrscheinlichkeit auf der höheren Ausbildung des Darmsystems beruht". Er schließt sich einer von Brandes[2]) gegebenen Deutung an, wonach die „unvollkommene Verdauung" der Pflanzensäfte durch die Blattläuse auf eine Rückbildung der Malpighischen Gefäße (Organe, welche bei den Insekten die Nieren der Vertebraten ersetzen) zurückzuführen sei. Bei den Schaumcikaden, welche Gruner für die — in verdauungsphysiologischer Beziehung — höher differenzierten Rhynchoten hält, sollen dagegen jene Organe vorzüglich entwickelt sein.

Wenn ich auch als Nichtzoologe zu der morphologisch-anatomischen Seite der Frage nicht Stellung nehmen kann, so möchte ich doch eine endgültige Entscheidung, ob hier tatsächlich eine physiologische „Überlegenheit" der einen Rhynchotengruppe über die andere vorliegt, erst von weiteren, namentlich exakten chemischen Untersuchungen abhängig gemacht sehen. Es sei nur darauf hingewiesen, daß auch im Körper der Aphiden eine tiefgreifende Veränderung wenigstens eines Teiles der aufgenommenen Kohlenhydrate vor sich gehen dürfte, wie die von Büsgen und anderen mitgeteilten Analysen vermuten lassen. Schließlich ist nicht zu vergessen, daß schon vor 50 Jahren ein anerkannt zuverlässiger Beobachter: nämlich Nörd-

[1]) Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie Bd. **40** (1887) S. 454 ff. S. a. v. Horváth, Die Exkremente der gallenbewohnenden Aphiden (Wiener Entomol. Zeitschr. VI (1887) S 249 ff.).

[2]) Zeitschr. für Naturwissenschaften Bd. **66** (Leipzig 1893), S. 100 f.

linger, dem wir überhaupt eine Reihe wertvoller biologischer Notizen über die Honigtau liefernden Rhynchoten verdanken, die bis dahin noch unbekannte Produktion von Honigtau durch eine Cikade (*Bythoscopus lanio* Germ.) beschrieben hat.[1] Er fand die Nymphen dieser Art auf jungen Eichenbüschen sitzend und beobachtete selbst die sehr üppige Ausscheidung des Sekretes. „Der in Frage stehende Honigtau erwies sich äußerst süß: Hummeln leckten ihn vor meinen Augen, Bienen und Wespen aber sah ich deshalb auf den Eichen sich herumtreiben, und auch Bienen leckten ihn zu Haus auf, als er ihnen dargeboten wurde.“ Nördlinger fand bei weiteren Streifzügen in Eichenwäldern die Produktion von Honigtau durch die Cikaden so groß, daß er die Sekretion von *Aphis quercus* im Vergleich damit für untergeordnet hielt.

Einen weiteren, von ihm beobachteten Fall beschrieb Nördlinger einige Jahre später.[2] Hier wurde wiederum *Bythoscopus lanio* Germ. als Erzeuger von Honigtau und zwar auf Espen und Hainbuchen erkannt.

Stellen wir dem Gesagten endlich Büsgens[3] Beobachtungen gegenüber, daß die Sekrete von *Aphis Padi* und *A. Evonymi* den auf Zucker angewiesenen Rußtaupilzen keinen geeigneten Nährboden bieten, daß sie kaum einen süßen Geschmack besitzen und auch von Ameisen nicht aufgesucht werden, so wird eine scharfe chemische Unterscheidung zwischen Aphiden- und Cikaden-Sekreten überhaupt hinfällig. Und in physiologischer Beziehung wird durch diese Tatsachen die von Gruner dargestellte Kluft zwischen Aphiden und Schaumcikaden überbrückt. Vermutlich werden weitere Untersuchungen der Rhynchoten-Sekrete zur Aufstellung einer natürlichen chemischen Stufenleiter der ausgeschiedenen Stoffe führen. Da es sich um polyphage Insekten handelt, werden übrigens auch bei einer und derselben Art je nach den Nährpflanzen und der chemischen Zusammensetzung ihrer Säfte Unterschiede in der Beschaffenheit der Aftersekrete und in dem quantitativen Verhältnis der ausgeschiedenen Kohlenhydrate zueinander auftreten müssen. —

Die Frage nach der biologischen Bedeutung des Dicranotropis-Sekretes dürfte am ehesten zu lösen sein, wenn man sich daran erinnert, daß die Schleimmasse ihre Löslichkeit in Wasser allmählich verliert und ferner, daß sie ihre Feuchtigkeit verhältnismäßig lange bewahrt.

Einmal in diese Masse eingebettet können also die jungen zarten Larven, die man regelmäßig im Sekret beobachtet, allmählich heranwachsen und sich häuten, ohne durch Regengüsse abgespült zu werden und ohne der Gefahr der Austrocknung zu unterliegen. Dazu kommt drittens noch die erhöhte Sicherheit vor Verschleppung durch heftige Winde.[4] In Buitenzorg fällt der zweite Faktor kaum ins Gewicht,

---

[1]) Über den Waldhonigtau. Allgem. Forst- und Jagdzeitung XXI (1855) 310f. S. a. dieselbe Zeitschr. XX (1854) 364ff.

[2]) Waldhonigtau. Kritische Blätter für Forst- und Jagdwissenschaft Bd. 46, Heft 2 (1864), S. 128ff.

[3]) A. a. O. S. 67.

[4]) Dieses Moment könnte andrerseits als förderlich für die Verbreitung der Art angesehen werden, jedoch nur unter der Voraussetzung, daß die Tiere wiederum auf geeignete Nährpflanzen getragen werden. Die Wahrscheinlichkeit spricht wohl in den meisten Fällen nicht dafür.

in den erheblich trockneren Gebieten von Mittel- und Ostjava (ich erinnere z. B. an Pasoeroean, ein Hauptzuckergebiet Ostjavas) dagegen ist diese Gefahr stellenweise sehr groß. In jenen Gebieten wäre die Biologie unseres Insektes eingehender zu studieren; insbesondere wäre zu untersuchen, ob *Dicranotropis* auch auf den in Mitteljava angebauten *Sorghum*-Formen vorkommt und ob sie sich dort ebenso verhält, wie von mir in Buitenzorg beobachtet wurde.

Auffallend ist, daß weder Krüger,[1] noch Zehntner[2] etwas von Schleimabsonderungen der *Dicranotropis* erwähnen; desgleichen macht Koningsberger[3] keine derartige Angabe bei Besprechung der „Omo-Wereng"-Cikadelliden. Dagegen finden sich bei Gruner[4] mehrfache Notizen über reichliche Schleimproduktion verschiedener exotischer Cikaden.

Wenn man das *Dicranotropis*-Sekret in erster Linie als ein Schutzmittel gegen die austrocknende Wirkung der Sonnenstrahlen und der Luft ansieht, so wird auch der Umstand am einfachsten erklärt, daß sich die Tiere mit Vorliebe den Raum zwischen Stengel und Scheide zum Aufenthalte auswählen. Allerdings kommt noch als wesentliches Moment hinzu, daß die Larven hier auch am besten vor ihren Feinden aus dem Tierreiche geschützt sind.[5]

Übrigens ist von mehreren Zoologen eine ähnliche Erklärung für die Bedeutung des Kuckuckspeichels gegeben worden.[6] Schon im 18. Jahrhundert beobachtete De Geer und neuerdings auch Gruner, daß *Aphrophora*-Larven, die man aus dem Schaum genommen, nach kurzer Zeit durch Vertrocknen zu Grunde gingen. Ein anderer Schutz, den der Kuckuckspeichel den sie erzeugenden Tieren gewährt, nämlich den gegen die Angriffe der Ameisen,[7] dürfte auch bei den nichtschaumigen Sekreten anderer Cikaden in Frage kommen, obwohl diese Schleime nicht „maskierend" wirken können. Denn ich halte es für höchst unwahrscheinlich, daß es den Ameisen gelingen möchte, Larven aus dem zäh-viskosen Schleim von *Dicranotropis* herauszutragen, ohne selbst durch den Schleim festgehalten zu werden.

Übrigens habe ich nur ein einziges Mal Ameisen in ansehnlicher Menge auf den mit *Dicranotropis*-Schleim besetzten *Sorghum*blättern gesehen, und zwar, als die Nymphe eines bis dahin nicht beobachteten Insekts in dem Sekret umherhüpfte; die Ameisen hatten in größter Anzahl die Grenzen der Schleimanhäufung von allen Seiten umstellt, ohne jedoch zum Angriffe vorzugehen.

Wenn wir nach dieser Abschweifung zu unserem eigentlichen Thema zurückkehren, so können wir nach den mitgeteilten Beobachtungen über das Auftreten von

[1]) Bei Breddin a. a. O.

[2]) A. a. O.

[3]) A. a. O.

[4]) A. a. O. S. 28 f.

[5]) Zu diesen gehört u. a. *Chilomeles sexmaculata* Fabr., ein Käfer aus der Familie der Coccinelliden, den Herr Koningsberger freundlichst bestimmte, und der — wie ich oben erwähnte — gleichzeitig den Aphiden eifrigst nachstellt.

[6]) Gruner a. a. O. S. 31 f.

[7]) Gruner a. a. O. S. 31.

Dicranotropis vastatrix auf der *Sorghum*-Hirse zunächst nur allgemein aussagen, daß die Tätigkeit dieses Parasiten ungefähr dieselben Wirkungen hervorbringt, wie die analoge der Aphiden, verstärkt allerdings durch den Vorgang der Eiablage, der bei den Blattläusen fehlt. Ob in den trockneren Gegenden Javas, wo *Sorghum* in ausgedehnterem Maße kultiviert wird, als im Westen der Insel, die fragliche Delphacine einen wirklich beachtenswerten Schädling der Hirse darstellt, müßte erst durch weitere Studien nachgewiesen werden. Nachdem in Ostafrika, wie eingangs erwähnt wurde, eine zweite *Dicranotropis*-Art auf *Sorghum* gefunden wurde, lassen sich vielleicht auch von dort weitere Aufklärungen über die Biologie und die etwaigen schädlichen Wirkungen dieser Gattung erwarten.

III. Bakteriosen.

Rückblick und Allgemeines.

Die Untersuchung der mit der Ansiedlung von Blattläusen und Cikaden auf der *Sorghum*-Pflanze verknüpften Krankheitserscheinungen hat gezeigt, daß in den Komplex der betreffenden Vorgänge auch Bakterien mehr oder weniger nachhaltig eingreifen. Wie wir angenommen haben, handelt es sich dabei keineswegs um spezifisch-pathogene Bakterien-Arten, sondern um „Gelegenheitsparasiten", d. h. um saprophytische Mikroorganismen, die unter den eigenartigen, durch die reichlichen Absonderungen der Rhynchoten geschaffenen Verhältnissen veranlaßt werden, in das pflanzliche Gewebe einzudringen und hier ein fakultativ-parasitisches Dasein zu führen.[1]) Wenn jene Umstände, im Verein mit anhaltend feuchter Witterung die Widerstandsfähigkeit der peripherischen Gewebe herabmindern und die Stärke des Gegners erhöhen, so wird damit das Verhältnis beider Faktoren zueinander erheblich verschoben, die Infektion ermöglicht. Vielleicht wird gerade der junge Zweig der Pflanzenpathologie, der sich mit den tropischen Gewächsen beschäftigt, zur Entdeckung noch mancher derartiger biologisch interessanter Nebenwirkungen führen, da man in den Tropen mit ungleich größeren Extremen zu rechnen hat, als in den gemäßigten Breiten.

Unsere Untersuchungen dürften einwandsfrei erwiesen haben, daß auch die unverletzte Pflanze gegen die Invasion von Bakterien in einem die Pflanze schädigenden Umfange nicht vollkommen geschützt ist.

Über die chemischen Vorgänge der von uns untersuchten Bakteriosen ist

[1]) Ich nehme an, daß es sich auch bei dem *Bacillus Sorghi* Burrill, dem angeblichen spezifischen Erreger des sogenannten „Sorghum-Blight" um einen Gelegenheits-Parasiten handelt. Leider habe ich trotz eifrigen Bemühens die betreffenden Arbeiten von Burrill (8. Report Soc. Prom. Agr. Soc. 1887) und von Kellermann und Swingle (Report of Botan. Departm. of the Kansas State Agric. Coll. 1888) im Original hier nicht erhalten können. Aus den Referaten entnehme ich, daß auf den verschiedensten Teilen der Pflanze durch Bakterieneinwanderung rote Flecken hervorgerufen werden, und daß die Krankheit auf der Innenseite der Blattscheide ihren Anfang nimmt. Vermutlich handelte es sich also um ähnliche Erscheinungen und Ursachen wie in den hier beschriebenen Fällen.

Später wurde dann von Radais eine Hefe für die „Blight-Krankheit" verantwortlich gemacht. (Botan. Gazette XXVIII, 1899, S. 65 ff.) Vergl. a. Abschn. V, 2a und den Anhang zu dieser Arbeit.

zu sagen, daß Pektinstoff-Vergärung, d. h. Lösung der Mittellamelle nur in wenigen Fällen (Stengelrinde) beobachtet wurde, im Allgemeinen vielmehr die Cellulosewand von den Bakterien bevorzugt wurde. Bei der Zerstörung und Aufschließung der Membranen bildete sich häufig zunächst ein gummöses Produkt, das die Intercellularräume, bisweilen auch die Zellumina erfüllte.

Gleichzeitig mit der Celluloseverarbeitung oder als Folge-Erscheinung geht die Eiweißfäulnis, die Verzehrung des Zellinhalts von statten. Ob alle diese Prozesse von einer einzigen Bakterienart eingeleitet und durchgeführt werden, habe ich aus früher erwähnten Gründen nicht untersucht. Daß es Mikroorganismen gibt, die ebenso wenig wählerisch in ihrer Nahrung, wie vielseitig in ihren chemischen Wirkungen sind, ist bekannt; ein naheliegendes Beispiel liefert der von van Hall[1]) untersuchte *Bacillus omnivorus* in seinem Verhalten zum Iris-Rhizom.

Zwei prinzipiell verschiedene Arten der Bakterien-Invasion sind es, die wir beobachten konnten: einmal die Einwanderung in die vom Sauggeschäft oder der Eiablage der Insekten herrührenden Stichwunden, und zweitens das Eindringen durch die Spaltöffnungen des bis dahin unverletzten Gewebes. Der erstgenannte Vorgang bietet nichts besonders Merkwürdiges dar; denn er fällt in die große Gruppe derjenigen phytopathologischen Erscheinungen, die durch Einnistung saprophytischer Bakterien in Wunden irgendwelcher Art hervorgerufen werden. Nur pflegen dergestalt entstandene bakterielle Zerstörungsprozesse an oberirdischen Organen spärlicher aufzutreten, als an unterirdischen Pflanzenteilen.

Selten dagegen scheint man den zweiten Fall beobachtet zu haben, bei welchem die Stomata als Ausgangspunkte der Bakteriosen fungieren. Und in der Tat dürfte er auch nur selten vorkommen, denn die natürlichen Verhältnisse liegen meist derart, daß sie solchen Infektionen direkt entgegenwirken.

Daß vereinzelte, von der Blattoberfläche in die Spaltöffnungen eingedrungene Keime unter normalen Umständen das gesunde Gewebe angreifen, halte ich für unwahrscheinlich.[2]) Es müssen also besondere Bedingungen geschaffen werden, um eine derartige Infektion zu ermöglichen. Zu den unerläßlichen Bedingungen rechne ich vor allem das Vorhandensein von Nährstoffen und Wasser auf der Blattoberfläche und zwar müssen beide in genügender Menge und während der für eine üppige Vermehrung der Keime auf dem Blatte erforderlichen Zeit vorhanden sein. Denn eine Masseneinwanderung von Bakterien wird stattfinden müssen, wenn eine Zerstörung des Gewebes erfolgen soll. In den von uns beobachteten Fällen handelte es sich stets um Masseneinwanderung. Wie wir gesehen haben, sammelten sich die Bakterien in dichten Schwärmen über den Spaltöffnungen an, um dann, durch ihr Sauerstoffbedürfnis verleitet, in die Stomata einzudringen. Es ist anzu-

[1]) C. J. J. van Hall, Bijdragen tot de Kennis der bakterieele Plantenziekten. (Inaug.-Diss. Amsterdam 1902) S. 126 f.

[2]) In diesem Punkte befinde ich mich in völliger Übereinstimmung mit A. Fischer (Vorlesungen über Bakterien II. Aufl. S. 277 f.), während ich andrerseits Fischers nachdrücklich und wiederholt ausgesprochene Zweifel, ob die Spaltöffnungen zum Ausgangspunkte von Bakteriosen werden können, durch meine hier mitgeteilten Beobachtungen beseitigt zu haben glaube.

nehmen, daß sie dann zunächst die durch Kapillarattraktion mitgeführte Nährflüssigkeit — in unserem Falle den Honigtau — verbrauchen, um endlich in Ermangelung eines Besseren die Zellmembranen anzugreifen.

Verhältnisse, wie sie durch die reichlichen Ausscheidungen der Aphiden und Cikaden und durch die Ansammlungen dieser Sekrete zwischen Stengel und Blattscheide geschaffen werden, dürften in der Natur nicht gerade häufig auftreten, und daher werden auch analog entstehende Bakteriosen zu den Seltenheiten gehören.

Ich möchte nicht unterlassen, die wenigen mir aus der Literatur bekannt gewordenen Fälle kurz zu besprechen, in denen es sich um die Einwanderung von Bakterien durch die Spaltöffnungen handelt.

Die von Zimmermann untersuchten Bakteriengallen in Rubiaceenblättern,[1] die von E. F. Smith beobachteten Krankheitserscheinungen an *Prunus*-Früchten[2] und vielleicht auch die eigentümlichen Bakterienansammlungen in Weinblättern, wie sie Zschokke[3] kürzlich beschrieb, gehören hierher.

Wenn Zimmermann die Einwanderung der Bakterien auch nicht selbst beobachtet hat, so ist nach seinen Mitteilungen und Abbildungen doch nicht daran zu zweifeln, daß die gallenartigen Gebilde, die er untersucht hat, auf dem angedeuteten Wege entstanden sind. Von prinzipieller Bedeutung ist für mich des genannten Forschers Angabe, daß die jüngsten Entwicklungsstadien der Gallen in eine Zeit fallen, wo sich die Oberflächen der jungen Blätter noch paarweise berühren.

Nur dadurch scheint mir nämlich die Möglichkeit der Infektion gegeben zu sein. Denn auf der frei entfalteten, der Tropensonne wie der Wucht der Regengüsse ausgesetzten Blattfläche würde schwerlich eine so üppige Vermehrung der Bakterien stattfinden können, um die für die Entstehung der zahlreichen Knoten erforderlichen Menge von Individuen zu erzeugen. Entweder würde das nötige Maß von Feuchtigkeit — die erste Bedingung für gedeihliches Bakterienleben — am Tage wenigstens, fehlen, oder aber die schweren Regen würden jede Ansammlung der kleinen Lebewesen auf der Blattoberfläche verhindern. Solange die Blätter noch einander decken, fallen dagegen beide Hinderungsgründe fort.

Schwieriger ist die Frage nach dem Ursprunge der für die oberflächliche Vermehrung der Bakterien erforderlichen Nährstoffe zu lösen. Man ist versucht, an Ausscheidungen der Blätter selbst zu denken, da die Gallen bei den betreffenden Pflanzen ebenso regelmäßig vorkommen,[4] wie die Wurzelknöllchen bei den Leguminosen, also keineswegs vereinzelte und zufällige pathologische Erscheinungen darstellen.

Darüber werden erst weitere Untersuchungen der höchst merkwürdigen Gebilde

[1] Über Bakterienknoten in den Blättern einiger Rubiaceen. (Pringsheims Jahrbücher XXXVII (1901) Heft 1.

[2] Observations on a hitherto unreported Bacterial Disease, the cause of which enters the plant through ordinary stomata. (Science N. S. Bd. XVII No. 429 (1903) S. 456f.) Eine weitere hierher gehörige Mitteilung des gleichen Verfassers (Bacterial Leaf Spot Diseases [Science N. S. Bd. XIX No. 480]), die mir erst während des Druckes zuging, konnte leider nicht mehr berücksichtigt werden.

[3] Eine Bakterienkrankheit des Rebstockes. Jahresbericht der Pfälzischen Wein- und Obstbauschule in Neustadt a. H. für das Jahr 1902. (Neustadt 1903) S. 41ff.

[4] Trimen hat sie sogar in die Diagnose von *Pavetta indica* aufgenommen (Zimmermann a. a. O.)

Aufschluß geben können, Untersuchungen, die sich nicht nur auf morphologisch histologischem, sondern auch ernährungsphysiologischem Boden bewegen.[1])

Liegen dort Infektionen durch einen spezifischen Parasiten vor, oder handelt es sich gar um einen für die Pflanze nutzbringenden Vorgang (Stickstoff-Assimilation?), so würden Masseneinwanderungen keineswegs erforderlich sein. Theoretisch betrachtet, müßten schon verhältnismäßig wenige, auf der Blattfläche vorhandene „virulente" Keime der an das Leben im Gewebe angepaßten Art genügen, die typischen Gallen zu erzeugen. Ich denke dabei wiederum an die Knöllchen der Leguminosen und ihre Entstehung.

Darin liegt eben der fundamentale Unterschied zwischen den durch „Gelegenheitsparasiten" hervorgerufenen Bakteriosen und denjenigen Phytomorphosen, die spezifischen Erregern ihren Ursprung verdanken.

Über die vorerwähnten Beobachtungen von E. F. Smith habe ich mich bisher nur aus einer kurzen vorläufigen Mitteilung (a. a. O.) orientieren können. Danach handelt es sich um zahlreiche kleine wässerigweiche („water-soaked") Flecken an Blättern und grünen Früchten japanischer Pflaumen. Auf den Blättern endigt die Erkrankung in „Schußlöchern" („shot-holes") — wie Smith sich ausdrückt — auf den Früchten in rundlichen, eingesunkenen, matt-schwarzen Flecken und in tiefen Rissen, die zum Verderben der Pflaumen führen. In den Anfangsstadien findet man in den Atemhöhlen große Anhäufungen von Bakterien (*Pseudomonas pruni* Smith), die durch die unverletzten Spaltöffnungen einwandern. Von den Atemhöhlen aus verbreiten sich die Bakterien in die tiefer gelegenen Gewebe, um nun regelrechte Bakteriosen hervorzurufen.

Bemerkenswert erscheint mir folgende Angabe des Verfassers: „The shaded and west side of the fruits are most subject to infection, i. e. those on which the rain drops or dew drops (necessary for infection) would persist longest because best protected from the morning sun." Die Frage nach der für reichliche Vermehrung der Bakterien auf der Oberfläche der befallenen Organe notwendigen Feuchtigkeit ist hier anscheinend in befriedigender Weise gelöst, dagegen bleibt auch in diesem Falle noch zu untersuchen, woher das äußere Nährmaterial für die Mikroorganismen stammt.

Über die Entstehung der von Zschokke (a. a. O.) beschriebenen Bakteriose an Rebenblättern lassen sich kaum Vermutungen äußern, da des Verfassers Mitteilungen sich fast nur auf die vorgeschritteneren Stadien der Krankheit beziehen. Es handelte sich um weitgehende Zersetzungen des Blattgewebes, die von zahlreichen Punkten an der Unterseite des Blattes ihren Ausgang nahmen, in starker Schleimbildung und -Ausscheidung (!) ihren Höhepunkt erreichten und mit Vertrocknen und Absterben der befallenen Stellen endigten. Die Erkrankungsherde nahm Zschokke nur an ausgewachsenen Blättern wahr, wo sie manchmal so dicht auftraten, daß nur noch die

[1]) Leider ist Zimmermann durch seine Übersiedlung nach Ostafrika verhindert worden, seine Studien über den Gegenstand fortzusetzen. Es bleibt aber zu hoffen, daß die noch offenen Fragen recht bald wieder aufgenommen werden möchten.

Hauptnerven verschont blieben. In den erkrankten, regellos auf der Blattfläche verteilten Stellen waren zu allen Zeiten ungeheure Mengen von Bakterien enthalten.

Die Krankheit trat im Mai 1902 in Deidesheim auf einer größeren Parzelle, in dem 6—7 km davon entfernten Neustadt an vereinzelten Reben auf, wurde aber auch gleichzeitig an Blättern und jungen Früchten eines Nußbaums in Deidesheim beobachtet. Zschokke gelangt zu der Ansicht, „daß es sich im vorliegenden Falle um ein vereinzeltes, durch besondere Umstände herbeigeführtes Vorkommnis handele.“ Die Witterung im Monat Mai 1902 war durchaus abnorm, mehrere Wochen hindurch fehlte der Sonnenschein vollständig, die Reben blieben im Wachstum zurück, ihre Blätter besaßen eine zarte Epidermis „und wurden fortgesetzt durch fast ununterbrochene Regenschauer naß gehalten“. „Sobald sonnige Tage sich einstellten, die Blätter trockneten und erstarkten, war entweder die Disposition zur Erkrankung seitens der Reben nicht mehr vorhanden oder die Ansteckung durch die Bakterien unmöglich geworden. Darauf ist es auch wohl zurückzuführen, daß die zahlreichen und in verschiedener Weise ausgeführten Infektionsversuche an Reben im Freien nicht gelangen.“ Im Juni bereits trat im Weinberge ein Stillstand der Krankheit ein und diese machte auch an den befallenen Reben selbst keine weiteren Fortschritte.

Trotz der ungenügenden Untersuchungen glaubte ich auf Erwähnung dieser Krankheit nicht verzichten zu sollen, da die mitgeteilten äußeren Umstände, unter denen die Bakteriose entstand, deutliche Analogien zu den entsprechenden Vorgängen auf der *Sorghum*-Hirse hervortreten lassen. Durch Versetzung in das regenreiche Buitenzorger Klima wurden für diese an afrikanische Witterungsverhältnisse angepaßte Pflanze durchaus anormale Bedingungen geschaffen, das Übermaß von Feuchtigkeit setzte ihre Widerstandsfähigkeit herab und ermöglichte das Zustandekommen von bakteriellen Erkrankungen, wie sie in der Heimat der Hirse kaum vorkommen dürften. Ich meine die Bakteriosen der jungen Blattspreiten und die Gipfeltriebfäulen.

Die Entstehung der Rebenkrankheit an zahlreichen Punkten der Blattunterseite deutet ferner auf Eindringen der Bakterien durch die Spaltöffnungen hin, denn wenn dort Verwundungen der Spreite als Eintrittspforten vorgelegen hätten, so würde das doch wohl dem Untersucher kaum entgangen sein.

Unbeantwortet bleibt allerdings die Frage nach dem Ursprunge der Nahrung für die Bakterien auf der Blattfläche; auch in dieser Richtung müssen außergewöhnliche Umstände vorgeherrscht haben und zwar die gleichen Verhältnisse, die das Auftreten der Krankheit auf Blättern und Früchten von *Juglans* begünstigten.

Daß übrigens diese Verhältnisse dringend des eingehenden Studiums bedürfen, zeigen die kürzlich mitgeteilten orientierenden Untersuchungen von Burri[1]) über die Bakterienvegetation auf der Oberfläche normal entwickelter Pflanzen. Burri hat nachgewiesen, daß die Zahl der auf den oberirdischen Organen epiphytisch vegetierenden Mikroorganismen bedeutend höher ist, als man bisher allgemein annahm.

[1]) Centralbl. f. Bakteriol. 2. Abt. Bd. X (1903) S. 756 ff.

Er gelangt zu dem Schlusse, „daß das Bild der Bakterienflora einer Pflanze, wie es sich nach Zahl und Art mittels der gebräuchlichen Untersuchungsmethoden feststellen läßt, nicht die Summe der durch Luftströmungen, Insekten, Düngung oder sonstwelche Wege auf die Pflanzen gelangten Bakterien darstellt, sondern der Hauptsache nach das Ergebnis einer während des Wachstums der Pflanze auf der Oberfläche derselben stattgefundenen lebhaften Bakterienentwicklung ist".

Nach den mitgeteilten Untersuchungen bedarf es kaum der besonderen Erwähnung, daß den Bakteriosen der *Sorghum*-Hirse nur dann eine praktische Bedeutung zukommt, wenn sie im Gefolge der Aphiden- und Cikadenstiche auftreten und eine mehr oder weniger tiefgehende Zerstörung der Blattscheiden verursachen.

Bakteriose der Blattspreite kommt an vollentfalteten kräftigen Blättern überhaupt kaum zu stande, obwohl die zahllosen Aphidenstiche im Verein mit den Honigtau-Absonderungen viele und gute Gelegenheiten zu Wundinfektionen gewähren. Wir haben an anderer Stelle bereits die Faktoren genannt, die der Pflanze bei ihrem Selbstschutz zu Hilfe kommen. Die jugendlichen Blattanlagen wurden zwar unter dem Einflusse des Buitenzorger Klimas wiederholt von Bakterien angegriffen und zwar mit den gleichen schädlichen Folgen, wie sie Insektenfraß mit sich bringt — Kräuselung und Vertrocknen der Blätter, eventuell auch totale Fäulnis — bei afrikanischen Witterungsverhältnissen[1]) jedoch wird eine derartige primäre Bakteriose ausgeschlossen sein.

Auch die Scheidenbakteriosen dürften in Afrika nur bei starker Honigtaubildung entstehen, so daß wir wiederum auf die Aphiden, in letzter Instanz aber auf meteorische Einflüsse als das Grundübel zurückgeführt werden.[2])

IV. Die Brandkrankheiten der Sorghum-Hirse.

1. Die in Deutsch-Ostafrika auftretenden Brandkrankheiten.

Auf meinen Reisen in der Kolonie hatte ich wiederholt Gelegenheit, die schon aus früheren Sammlungen von dort bekannt gewordenen Ustilagineen der Hirse anzutreffen — mit alleiniger Ausnahme des *Tolyposporium Volkensii* P. Henn., einer Art, die bis jetzt nur Volkens am Kilimandjaro gefunden hat. Dafür begegnete mir in Ugogo häufiger eine andere, neue *Tolyposporium*-Art *(T. filiferum* n. sp.), deren Beschreibung am Schlusse dieses Abschnittes gegeben werden soll.

[1]) Selbstverständlich habe ich hierbei nur trocknere Gebiete Afrikas im Auge, da in solchen allein *Sorghum*-Bau betrieben wird.

[2]) Als Analogon aus der Pathologie des Zuckerrohrs möge hier ein Citat aus Went und Wakker, De Ziekten van het Suikerriet op Java (Leiden 1898) S. 74, betreffend die bakterielle Gipfelfäule („Top-rot") von *Saccharum* Platz finden: „Het kommt mij voor, dat wij in het Top-rot een ziekte moeten zien, die niet in den strengsten zin des woords parasitair is, maar eerder door een samenloop van omstandigheden veroorzakt wordt. Onder deze omstandigheden noem ik in de eerste plaats groote vochtigheid der lucht en hoog watergehalte van de plant. Dat ik hieraan een grooten invloed toeschrijf, berust in hoofdzaak op de waarneming, dat het Top-rot in Oost-Java in den regentijd optreedt en in drogen tijd niet waargenomen wordt."

Vergl. dazu auch: W. Krüger, Das Zuckerrohr und seine Kultur S. 336 und Kamerling in Archief voor de Java-Suiker-Industrie 1900 S. 1225 ff.

Vorher seien einige Erörterungen über die bereits bekannten ostafrikanischen *Sorghum*-Ustilagineen eingeschaltet, von denen ich ausnahmslos ein so reiches Material sammelte, daß ich frühere Untersuchungen in verschiedenen Punkten ergänzen kann.

a) **Ustilago Sorghi** (Link) Pass.

(*Sporisorium Sorghi* Link; *Tilletia Sorghi vulgaris* Tul.; *Ustilago Tulasnei* Kühn; *Ustilago condensata* Berk. mscr.) Litt. siehe: *Tulasne* in Ann. sc. nat. 1847 S. 116; t. V f. 17—22; *Saccardo*, Syll. VII, II. 456. Außerdem: P. Hennings in Not. Bl. Botan. Gartens u. Mus. Berlin I (1896) S. 118.)

Die auf *Andropogon Sorghum* auftretenden Brandkrankheiten äußern sich entweder in Deformationen der einzelnen Blüten oder in solchen des ganzen Sproßgipfels. Die letztere Form der Erkrankung wird — soweit unsere Kenntnis reicht — nur durch *Ustilago Reiliana* Kühn (s. u.) hervorgerufen, die andere dagegen tritt unter dem Einflusse mehrerer Ustilagineen und in den verschiedensten Modifikationen auf.

Auch *U. Sorghi*, zuerst von Ehrenberg in Egypten gefunden und lange Zeit hindurch der einzige bekannte Brandparasit der *Sorghum*-Hirse, bildet seine Sporenlager ausschließlich in den inneren Blütenorganen, insbesondere in den Fruchtknoten aus. Auch die Staubgefäße werden häufig zerstört, sollen aber nach Kühn[1]) in manchen Fällen noch deutlich neben dem Brandkörper erkennbar sein.

Außerordentlich schwankend ist die Zahl der in einem Blüten- resp. Fruchtstande vorhandenen Brandkörper. Die befallenen Blütenstände — mögen sie wenige oder zahlreiche erkrankte Blüten führen — bilden sich im übrigen einschließlich der Spelzen in unveränderter Form aus und die gesunden Blüten werden in der Regel zu keimfähigen Früchten.

Zu den Angaben Kühns (a. a. O.) über die Größe der Brandkörper und zu der ausgezeichneten Abbildung Dietels[2]) habe ich zu bemerken, daß nach meinen Erfahrungen Form und Größe der Brandkörper ebenso, wie Stärke und Konsistenz der Brandhaut (des Periosporiums) mit der jeweils befallenen Hirsevarietät außerordentlich wechseln. Auch die klimatischen Verhältnisse des Standortes werden dabei mitsprechen.

Wer sich einmal einen Einblick in die ungeheure Mannigfaltigkeit der Variation bei *Andropogon Sorghum* verschafft und die zwischen einzelnen Formen bestehenden weitreichenden Unterschiede erkannt hat, wird es keineswegs wunderbar finden, daß sich aus so gänzlich verschiedenem Baumaterial auch äußerlich verschiedenartige Deformationen entwickeln. Die gleiche Erscheinung tritt uns übrigens auch bei *U. cruenta* (s. u.) entgegen.

Ebenso richtet es sich immer nach den morphologischen Verhältnissen der betreffenden Hirsevarietät, ob und wie weit der Brandkörper die Spelzen überragt. Die größten und am besten erhaltenen Brandkörper fand ich auf einer neuen, von Herrn Dr. Pilger und mir als var. *jucundus* beschriebenen Varietät,[3]) die auf den

---

[1]) Kühn, Brandformen der *Sorghum*-Hirse. (Mitt. d. Ver. f. Erdkunde in Halle 1877 S. 81 ff.)

[2]) Dietel, Hemibasidii in Engler-Prantl, Nat. Pflanzenfam. S. 9. Fig. 5 D.

[3]) In Englers Botan. Jahrb. Bd. XXXII (1902) S. 185.

trockenen Hochebenen von Ugogo gezogen wird. Sie waren 5—10 mm lang und 2—3 mm breit, erreichten also nicht ganz die von Kühn (a. a. O.) angegebenen Maximal-Maße (12,5 × 3—4 mm).

In ihrer Gestalt entsprechen diese Gebilde den Abbildungen von Tulasne.[1]) Am übrigen Material sind die Brandkörper nur 4—5 mm lang und 2 mm breit.

Das Perispor besitzt, wie gesagt, verschiedene Konsistenz und damit auch verschiedene Widerstandsfähigkeit. Die Brandkörper des erwähnten Materials aus Ugogo (No. 274 meiner Sammlung) sind von einer weißlich-gelben bis bräunlichen, meist lederigen, verhältnismäßig dicken Haut umhüllt, die trotz der Vollreife der Brandkörper in allen Fällen unverletzt war und auch den weiten Transport und mehrfache Umzüge im Laufe der letzten Jahre gut überstanden hat. Bei dem übrigen, von verschiedenen Standorten und Hirsevarietäten stammenden Material ist das Perispor zart und spröde und war meist schon vor dem Sammeln mehr oder weniger zerbröckelt und abgesprungen.

Nach Entfernung des schwarzbraunen Brandsporenstaubes, der von *Ust. Sorghi* in reichlicher Menge gebildet wird, tritt die Columella hervor; ihre Größe und Gestalt wechselt ebenfalls mit der Varietät der Wirtpflanze. Die Columella[2]) ist mehr oder weniger deutlich canelliert, meist schwach gebogen und zugespitzt; bisweilen aber trennen sich die in ihr vereinigten Gefäßbündel kurz unterhalb der Spitze, so daß diese ein zerfranstes Aussehen erhält.

Die meist kugeligen Sporen sind zu unregelmäßig geformten, oft walzenförmigen Ballen verklebt, die in Wasser meist zerfallen. Der Durchmesser der einzelnen Sporen beträgt bei meinem ostafrikanischen Material 5—8,5 × 5—7,2 μ, meist 6—7 μ. Die Keimung der Sporen und die Konidienbildung ist bekanntlich von Brefeld[3]) studiert und beschrieben worden. Bei Wiederholung dieser Versuche mit meinem afrikanischen Material erhielt ich die gleichen Resultate, wie Brefeld sie mit dem aus dem Himalaya stammenden Pilze erzielte.[4]) Die Bildung freier Konidien ging in ausgiebigstem Maße vor sich: bisweilen zeichnen sich diese, ebenso wie die Konidienträger durch auffallend schlanke Form aus. Versuche zur Züchtung von Brandsporen dieser Art in künstlichen Kulturen fielen negativ aus. (S. u. S. 376 unter *U. cruenta*.) Im übrigen verweise ich auf die angeführte Literatur.

U. Sorghi befällt, wie auch die übrigen Brandparasiten dieses Getreides, die verschiedensten Varietäten von *Andropogon Sorghum*.

Die Krankheit ist aus Südeuropa (Griechenland, Italien, Südfrankreich), verschiedenen Teilen des nördlichen Afrikas (Egypten, Abyssinien), aus Deutsch-Ost-

[1]) A. a. O.

[2]) Habitusbild einer schlanken Columella bei Prillieux, Maladies des Plantes agricoles. T. I (Paris 1895) S. 177. Fig. 68 C. (Das beigegebene mikroskopische Querschnittsbild [Fig. D] ist so undeutlich, daß sich nichts daraus entnehmen läßt.)

[3]) Untersuchungen a. d. Gesamtgebiete der Mykologie Heft XII (Münster i. W. 1895) S. 120 ff. Taf. VII, Fig. 19—22.

[4]) Ich erwähne das ausdrücklich im Hinblick auf Brefelds Bemerkung (l. c. S. 122) über die von Schweinfurth stammende Probe.

afrika und aus Indien (Simla) bekannt geworden.[1]) Meine Sammlungen ergaben ihre weite Verbreitung in der Kolonie: Usaramo (bei Tshakhenge), auf var. *Roxburghii* Hack. (No. 1178, im Juni 1900); Uluguru (bei Kingorira) auf var. *Roxburghii* Hack. (No. 1162, im Juni 1900); Ugogo (bei Ilindi) auf var. *jucundus* Busse et Pilger (No. 274, im August 1900); Lindi-Hinterland (bei Seliman-Mamba) auf noch nicht bestimmten Varietäten (No. 2711, 2766 und 2777, im Mai und Juni 1903).

b) **Ustilago cruenta** Kühn.

(Kühn in Hamburger Garten- und Blumenzeitung XXVIII (1872) S. 177 f. und in Mitt. d. Ver. für Erdkunde in Halle 1877 S. 81 ff. Übrige Litt. bei Saccardo, Sylloge VII, II S. 455. S. a. P. Hennings, Not. Blatt Botan. Gartens u. Mus. Berlin I (1896) S. 119.)

Als charakteristische Unterscheidungsmerkmale zwischen *U. Sorghi* und *U. cruenta* hebt Kühn hervor, daß letztere dem erkrankten Blütenstande eine eigenartige braunrote Färbung erteile, ferner, daß der Pilz nicht nur an den Blüten, sondern auch am oberen Ende des Stengels, besonders aber an den Rispenästen Deformationen erzeuge. Wenn die kleinen braunroten Brandpustelchen in größerer Zahl an den Rispenästen auftreten, so sollen die Rispenäste „mehr oder weniger verkürzt, verdickt und mannigfach verkrümmt werden. Die Blütenteile bilden sich dann entweder gar nicht aus oder werden ebenfalls von dem Parasiten verunstaltet. Bei massigem Auftreten verschmelzen die Brandpustelchen ineinander.“ Bei isoliertem Vorkommen dagegen — bemerkt Kühn an anderer Stelle — „erlangen die Rispenäste ihre normale Länge; aber dann sind oft die Spelzen samt inneren Blütenteilen in rotbraune, zum Teil auch rötlich graue und aschgraue, längliche, unregelmäßig gestaltete Brandkörperchen umgebildet. Vereinzelt finden sich die Brandpustelchen oft auch unterhalb der Rispe, selbst noch an dem nächstfolgenden Internodium des Stengels.“

Die Sporenbildung hält sich nach des genannten Forschers Beobachtungen in mäßigen Grenzen.

Die Kühnschen Angaben beziehen sich offenbar auf das bei seinen Infektionsversuchen in Deutschland erhaltene Material. Die pathologischen Mißbildungen waren dabei jedoch unter Bedingungen zu stande gekommen, die von den Verhältnissen der tropischen Heimat beider Teile — des Wirtes wie des Parasiten — erheblich abweichen.

So erklärt es sich, daß das ostafrikanische Material der Kühnschen Beschreibung nicht völlig entspricht; die braunrote Verfärbung tritt nur spärlich und vereinzelt auf, Mißbildungen am Stengel, Verkürzungen und Verkrümmungen der Rispenäste sind nicht wahrzunehmen.

Mein, von verschiedenen *Sorghum*-Varietäten gesammeltes Material zeichnet sich übereinstimmend durch Unbeständigkeit des Perisporiums und durch mehr oder weniger üppige Ausbildung der braunrot gefärbten Columella aus. In allen Fällen

---

[1]) Kühn und Brefeld a. a. O.

war die Rispe vollkommen infiziert; die Sporenproduktion ist teilweise sehr bedeutend.

Die Unbeständigkeit des Perispors bringt es mit sich, daß man unverletzte Brandkörper nur selten antrifft: ein Bild, wie es Brefeld in Heft XI. Taf. I. Fig. 12 seiner „Untersuchungen" (nach in Deutschland gezogenem Material) wiedergibt, habe ich in Afrika niemals zu sehen bekommen; vielmehr zerfällt oder zerreißt das Perispor bei beendeter Reife des Brandkörpers und der infizierte Blütenstand nimmt, von der rußigen Masse des Sporenstaubes bedeckt, das Aussehen eines Schornsteinfegerbesens an, wie sich Brefeld sehr treffend ausdrückt.

Die Brandhaut (Perisporium) stellt je nach Varietät der Wirtpflanze eine grauweiße und schleierhaft dünne oder bräunlichgelbe und dünnpapierne Hülle dar; meist war es nur noch in Bruchstücken vorhanden, bisweilen in Lappen und Bänder zerfetzt, die seitlich zwischen den Spelzen heraushängen. (S. Taf. V, Fig. 13 p.) Oft mußte man auch die Spelzen entfernen, um überhaupt noch Reste der Hülle zu finden, deren Substanz in allen Fällen außerordentlich spröde ist.

Die mächtig entwickelte Columella (Taf. V, Fig. 13 c) ist rotbraun, seltener gelbbraun gefärbt, deutlich canelliert und meist schwach gekrümmt; in den meisten Fällen ragt sie weit über die Spelzen heraus, wodurch sich die befallenen Blütenstände auch nach Entfernung der schnell verstaubenden Sporenmassen ein absonderliches, eigenartiges Gepräge bewahren.

Die Sporen finden sich zu kürzeren oder längeren walzenförmigen Ballen von 0,12—0,14 mm Dicke, seltener zu unregelmäßigen Klumpen verklebt. Der Zerfall dieser Ballen in die Einzelsporen geht bisweilen recht langsam vor sich; so blieben in einem Falle die Walzen noch nach neuntägigem Liegen in Wasser unversehrt. Walzenförmige Sporen-Aggregate scheinen bei *Ustilago*-Arten häufiger vorzukommen; besonders schön ausgebildet fand ich sie noch bei *U. Sorghi*, *U. Carbo* und *U. Panici miliacei*. Ihre Bildung muß auf einer bestimmten Anordnung der sporenbildenden Hyphen im Brandkörper beruhen. Die meist kugeligen Sporen besitzen in meinem Material einen Durchmesser von 7—11 μ; Sporen von geringerem Durchmesser sind als unreif anzusehen.

Ebenso, wie die beiden anderen hier besprochenen *Ustilago*-Arten siedelt sich *U. cruenta* auf den verschiedensten *Sorghum*-Varietäten an. Auch diese Art ist, wie die vorige, in Nord- und Ostafrika verbreitet und findet sich hin und wieder auch in Südeuropa. Ich fand die Krankheit in Ulnguru (bei Kingorira) auf var. *elegans* Keke. (?) (No. 1179, im Juni 1900), in Ussagura (bei Kilossa und Kwa-Wasiri) auf verschiedenen Formen und der subsp. *halepensis* (No. 270, 1180, 1180a und 1182a, [1]) im Juni und Juli 1900).

Bei meinen Versuchen über den Verlauf der Sporenkeimung und Konidien-Bildung in künstlichen Nährmedien gelangte ich zu den gleichen Resultaten, wie sie früher Brefeld [2]) erhielt.

Außerdem aber gelang es mir, die Bildung von Chlamydosporen von

[1]) Zusammen mit U. Reiliana Kühn (s. u.).

[2]) Unters. über Hefepilze H. V (Leipzig 1883) S. 91, Taf. VII. Fig. 1—8.

U. cruenta in künstlichen Kulturen[1]) zu erzielen, worüber hier noch berichtet sein möge.

Die Bildung von Brandsporen bei der Züchtung der Ustilagineen auf künstlichen Nährsubstraten ist meines Wissens erst zweimal erzielt worden. Als erster erhielt Brefeld[2]) bei seinen Untersuchungen über *Tilletia Caries* die Sporen dieses Pilzes und konnte ihre Entwicklung von Anfang bis zu Ende verfolgen; der zweite Fall betrifft *Ustilago Maydis* und wurde von Grüß[3]) beschrieben. Grüß, der nicht wie Brefeld mit Objektträgerkulturen arbeitete, sondern seinen Pilz — zu anderen Zwecken — in großen Flüssigkeitsmengen züchtete, traf die Sporenbildung als vollendete Tatsache in seinen Kulturkolben an, fand aber noch nachträglich die verschiedenen Entwicklungsstadien im Nährsubstrat vor, so daß er ein leidlich lückenloses Bild des fraglichen Prozesses darstellen konnte.

Zwischen beiden Fällen besteht insofern ein morphologischer Unterschied, als bei *Tilletia Caries* die Sporen sowohl aus dem Mycel, das aus den primären Konidien (den „Kranzkörperchen") entsteht, wie auch aus den „Sekundär-Konidien" gebildet werden, während sie bei *Ustilago Maydis* entweder unmittelbar aus den durch Hefesprossung vermehrten Konidien oder aus deren Keimschläuchen hervorgehen. Diese Konidien von *U. Maydis* vermögen nach Brefelds Untersuchungen kein Mycel mehr zu erzeugen. Im ersteren Falle wird die Konidienfruktifikation — wie Brefeld sagt — von der Sporenbildung „gleichsam verdrängt und abgelöst", in beiden Fällen kann die Konidien-Fruchtform in die andere übergehen, die Konidien können direkt zu Dauersporen werden. Unter natürlichen Verhältnissen, in der Wirtpflanze, ist, soweit unsere Kenntnisse reichen, keines von beiden der Fall: das in den Brandherden üppig wuchernde Mycel wird, ohne Konidien zu bilden, zur Sporenerzeugung verbraucht.

Das Vermögen, Dauersporen zu erzeugen, scheint also den Brandpilzen in den verschiedensten Entwicklungszuständen eigen zu sein. Daß diese Fähigkeit in künstlichen Kulturen so selten zur Auslösung gelangt, dürfte in erster Linie auf die von den natürlichen Verhältnissen in den Nährpflanzen so außerordentlich abweichenden Ernährungsbedingungen zurückzuführen sein. In der Tat halte ich diesen Faktor für den ausschlaggebenden, allerdings ohne nachweisen zu können, welche Substanz oder Mischung von Substanzen in den Nährmedien enthalten sein muß, um die Sporenbildung zu ermöglichen. Nächst der qualitativen Beschaffenheit muß auch die Konzentration der Nährflüssigkeit von Bedeutung sein; erst bei einem gewissen Grade der Erschöpfung an Nährsubstanzen wird der Pilz zur Sporenbildung übergehen — einem Vorgange, der doch immer als Akt der Notwehr zur Erhaltung der Art aufzufassen ist. Andrerseits müssen noch Nährstoffe in genügender Menge vorhanden sein, um den vollständigen Ausbau der Sporen zu ermöglichen.

Da die günstigste Konzentration der Nährlösung fast bei jeder künstlichen

---

[1]) Die Bildung der Sporen in der Wirtpflanze hat Brefeld bereits beschrieben und abgebildet. (Unters. a. d. Gesamtgebiete d. Mykologie Heft XI S. 49 f. Fig. 9—11.)

[2]) A. a. O. Heft V (Leipzig 1883) S. 158 ff.

[3]) Berichte d. Deutsch. Botan. Gesellsch. 1902 S. 219 f.

Kultur einmal eintreten muß, so ist die Seltenheit der Sporenbildung in solchen Kulturen wohl in erster Linie von der qualitativen Beschaffenheit des Nährmaterials abhängig. Daß diese nur selten in der dem Pilze zusagenden Zusammensetzung erhalten wird, scheint mir damit erwiesen zu sein, daß ein so gewandter und gründlicher Forscher wie Brefeld, bei der ungeheueren Fülle seiner Kulturversuche nur in einem Falle Brandsporen erhielt.

Ein allgemeines Rezept wird sich für die verschiedenen Ustilagineen selbstverständlich nicht geben lassen, da jede Art ihre spezifischen Ansprüche an die Zusammensetzung des Nährsubstrats stellen dürfte.

Aus äußeren Gründen habe ich Versuche zur Züchtung von Brandsporen in künstlichen Nährmedien nur beiläufig und in beschränkterem Umfange ausführen können. Sie wurden mit *U. cruenta*, *U. Sorghi* und *Tolyposporium filiferum* angestellt.

Aus Reinkulturen der genannten Pilze wurden Ende Juli 1902 Konidien in je drei Kolben (von 250 bezw. 500 ccm Inhalt) mit der von Grüß (a. a. O.) angewandten Glukose-Pepton-Nährlösung und je einen Kolben mit Malzextrakt-Lösung + Ammoniumcitrat übertragen. Da ich kurz darauf nach Buitenzorg abreiste, wurden die Kolben, vor Staub und Licht wohlgeschützt in einen Schrank gestellt, wo sie unberührt bis zu ihrer Untersuchung in diesem Frühjahr stehen blieben.

Im April d. J., also nach $1^3/_4$ Jahren erst konnte ich daran gehen, die Kulturkolben zu öffnen und ihren Inhalt zu untersuchen. Die eingesäten Brandpilze hatten sich in allen Fällen üppig entwickelt; mit zwei Ausnahmen waren sämtliche Kulturen von Verunreinigungen frei. In den mit *U. Sorghi* beschickten Kolben war die Oberfläche der Flüssigkeit mit einem schwachen gelbbraunen Häutchen bedeckt; in der Flüssigkeit schwammen dichte schleimige flockige Massen. Unter dem Mikroskop betrachtet ließen sich darin Konturen von Hyphen- oder Konidien-Zellen nicht mehr erkennen; die Membranen schienen völlig verquollen zu sein, dünne perlschnurförmige Ansammlungen stark lichtbrechender Körper (Öltröpfchen) deuten noch auf das Vorhandensein von Pilzfäden (Keimschläuchen) hin; auch gemmenartige Bildungen ließen sich vermuten.

Tolyposporium filiferum hatte in beiden Kulturflüssigkeiten faltige Kahmhäute gebildet, die auf der Grüßschen Nährlösung stärker als in Malzextrakt entwickelt waren. Die darunter stehende Flüssigkeit war völlig klar, am Grunde der Kolben lag ein geringfügiger flockiger Bodensatz. Dieser bestand aus undeutlich erkennbaren, feinen perlschnurartigen Fäden mit Andeutungen gemmenartiger Gebilde, wie sie auch bei *Ustilago Sorghi* beobachtet wurden, die Kahmhäute waren aus einer dichten unkenntlichen Masse gebildet, in der sich hier und da noch Konturen von Pilzfäden beobachten ließen. Deutliche Beweise dafür, daß die Sporenbildung bereits eingeleitet war, ließen sich bei beiden Pilzen nicht erbringen. Nur bei *Ustilago cruenta* haben die Versuche zu positiven Ergebnissen geführt. In den mit Glukose-Pepton-Lösung angesetzten Kulturen (die Malzextraktkultur war durch Bakterien verunreinigt) hatte sich eine dicke, vielfach gefaltete Kahmhaut gebildet, die aber im Laufe der Zeit fast vollständig in die Flüssigkeit eingesunken

war; auf dem Boden lagen schleimige Flocken, aus total verquollenen Pilzfäden bestehend.

Wurde ein Stück der Kahmhaut auf dem Objektträger mit Nadeln auseinandergezupft, so ließ sich deutlich erkennen, daß die Haut aus dicht verschlungenen Keimschläuchen von Konidien gebildet wurde. Konidien waren noch in allen Stadien der Keimung vorhanden.

Die Sporenbildung war keineswegs an sämtlichen Stellen der Kahmhaut bis zu dem gleichen Entwicklungsstadium der Sporen vorgeschritten, wenn sich auch überall Anfänge davon fanden. Einige Stichproben zeigten eine ungemein reichliche Bildung von Brandsporen, die in allen Größen und Entwicklungszuständen das Gesichtsfeld erfüllten.

Wie ein Vergleich der Fig. 14 a—f auf Taf. V mit den von Grüß für *Ustilago Maydis* gegebenen Abbildungen [1]) zeigt, geht hier die Sporenbildung genau in der gleichen Weise vor sich, wie dort. Die Sporen entstehen entweder zu zwei unmittelbar aus den sich vorher teilenden Konidien (Fig. 14 a, b) oder zu mehreren aus deren Keimschläuchen durch kurzzellige Septierung, Anschwellung und Abrundung der einzelnen Zellen. Nicht immer werden, wie die Abbildungen zeigen, sämtliche Zellen zu Sporen; vorzeitige Erschöpfung der Nährstoffe dürfte dabei bestimmend wirken. Wie die verzweigten Gebilde (Fig. 14 c, d und h) zeigen, geht der Sporenbildung in vielen Fällen eine Fusion der Konidien und der Keimschläuche voraus, ein Vorgang, den ich bei keimenden Konidien von *U. cruenta* in Objektträger-Kulturen häufig beobachtet habe.

Das sichere Kriterium für die erfolgte Bildung von Brandsporen liegt in der Umhüllung der abgerundeten und vergrößerten Zellen mit einer doppelt konturierten Membran (s. Fig. 14 e, f und h). Die Braunfärbung dieser Membran, das äußere Anzeichen dafür, daß die Spore dem Reifezustand sich nähert, tritt nicht immer ein, da viele Sporen das erforderliche Reifestadium nicht erreichen. In so alten Kulturen, wie die meinigen waren, trifft man nur sehr wenige braungefärbte Sporen an; der Grund scheint in einer Auslaugung des Farbstoffes zu liegen. Wie mir mein Kollege Herr Dr. Ruhland mitteilte, geht nach seinen Versuchen die Auslaugung der färbenden Substanz abgestorbener Brandsporenmembranen schon in reinem Wasser verhältnismäßig schnell vor sich. Vielleicht beruhte hierauf die in meinen Kulturkolben eingetretene Gelbbraunfärbung der anfangs hellgelblichen Nährflüssigkeit.

Wie Brefeld die Brandsporenbildung bei *Tilletia Caries* in Objektträgerkulturen erzielte, so wird das Gleiche auch bei *Ustilago Maydis* und *U. cruenta* und wahrscheinlich auch bei vielen anderen Ustilagineen möglich sein. Allerdings sind mit einer derartigen Versuchsanordnung verschiedene Schwierigkeiten verknüpft, unter denen die Verhinderung von Verunreinigungen während einer mehrere Monate währenden Beobachtungsdauer die eingreifendste sein dürfte.

Ich habe in Buitenzorg eine große Anzahl von Objektträgerkulturen der

[1]) Vgl. Gruß a. a. O. Taf. XI, Fig. 7—13.

U. cruenta monatelang mit größter Sorgfalt unterhalten und in einigen Fällen auch darin Vorgänge beobachtet, die ich für Anfänge von Sporenbildung halte, zumal sich auch dort die stark vergrößerten und abgerundeten Zellen mit einer doppelt konturierten Membran umgaben. Doch war es mir nicht möglich, Verunreinigungen durch andere Pilze während der ganzen Versuchsdauer zu verhindern, so daß meine Ergebnisse nicht als völlig einwandsfrei anzusehen sind und ich deshalb auf ihre Wiedergabe verzichte.

Diese Versuche bedürfen der Wiederholung und weitere Untersuchungen über die Brandsporenbildung in künstlichen Kulturen wären durchaus erwünscht. Vor allem würde zu prüfen sein, ob künstlich gezüchtete Sporen keimfähig und infektionsfähig sind. Trifft letzteres zu, so würde sich damit für unsere Anschauungen über die Entstehung und das Auftreten der Brandkrankheiten eine weitere Perspektive eröffnen. Denn, wie schon Brefeld mit Recht hervorhob, besteht die Möglichkeit, daß diejenigen Brandpilze, die in künstlichen Kulturen ihren Entwicklungsgang mit der Chlamydosporen-Bildung beenden, auch bei saprophytischer Lebensweise in der Natur unter geeigneten Bedingungen Brandsporen zu bilden vermögen.

c) **Ustilago Reiliana** Kühn.

(Kühn in Rabenhorst, Fungi Europaei No. 1998 und Mitt. d. Vereins f. Erdkunde in Halle a. S. 1877, S. 81ff.; *U. pulveracea* Cooke in Grevillea 1876, S. 115; *U. Reiliana* in Saccardo, Sylloge VII, 471; P. Hennings in Englers Pflanzenwelt Ostafrikas Tl. C S. 48 und Notizbl. Botan. Gart. u. Mus. I (1896) 119. Weitere Litt. bei Saccardo Syll. VII, 471.)

Von allen bisher bekannt gewordenen Brandkrankheiten und Pilzparasiten der *Sorghum*-Hirse überhaupt richtet diese Ustilaginee wohl die größten Verheerungen an.

Im Gegensatze zu den übrigen *Sorghum*-bewohnenden Brandpilzen und abweichend von ihrem eignen Verhalten gegen den Mais, dessen männliche Inflorescenzen sie befällt, zerstört *U. Reiliana* das gesamte Meristem des Sproßgipfels der Hirsepflanze — sowohl Blatt- wie Blütenanlagen — um es in ein mächtiges Brandlager zu verwandeln.

Nach Kühn (a. a. O.) wird in Ausnahmefällen nur ein Teil des jungen Blütenstandes infiziert; in Afrika habe ich bei *U. Reiliana* niemals eine derartige partielle Infektion beobachtet.

Die Brandbeule, am Grunde von den beiden obersten Blattscheiden umschlossen, ist ein recht ephemeres Gebilde; das ungemein spröde, gelbliche Perisporium, eine pseudoparenchymatische Wucherung, zerreißt sofort nach beendeter Sporenreife und noch bevor die einhüllenden Blätter abgestorben, um die ungeheuren Massen von Sporen frei zu machen.

Nur selten ist es mir in Ostafrika gelungen, einen völlig intakten Brandkörper von *U. Reiliana* zu finden. (Vergl. Taf. V Fig. 15.) Diese Fig. zeigt einen kleinen, soeben ausgereiften Brandkörper, zur Hälfte von dem innersten Blatte umhüllt, dessen oberer Teil zu einer vielfach gewundenen Spitze zusammengedreht ist. Das Perispor ist namentlich an seiner Spitze vielfach aufgesprungen, wobei die Sporen-

masse erscheint. Kühn (a. a. O.) beschreibt den Brandkörper als ein rundliches oder eiförmiges, 6—9,5 cm langes und 4—6 cm breites Gebilde; in Ostafrika sind solche von über 10 cm Länge nicht selten.



Fig. 8.
Ustilago Reiliana Kühn (in Ostafrika gesammeltes Material); etwa $^1/_2$ der nat. Gr.

Beim Verstäuben der schwarzen Brandsporen wird ein Büschel starrer, oft lockenhaarförmig sich kräuselnder Fäden frei, aus zahllosen isolierten und hypertrophierten Gefäßbündeln bestehend. (Fig. 8 u. 9.) Zwischen diesen Fäden liegen die Sporenballen, das Innere der Brandbeule lückenlos erfüllend.

Die Bildung der Fäden, die wir später übrigens noch bei einer anderen *Sorghum*-bewohnenden Ustilaginee, *Tolyposporium filiferum* n. sp. wieder treffen werden, beruht, wie schon angedeutet wurde, darin, daß die zahlreichen Bündel der Achse isoliert werden, indem das zwischen ihnen befindliche Gewebe von dem Pilz aufgezehrt wird.

Eine analoge Bildung ist seit langem von *Ustilago Panici miliacei* Pers. (*U. destruens* Lév.) bekannt und von Corda[1]) ausführlicher beschrieben und vorzüglich abgebildet worden. Auch hier ist die Brandhaut außerordentlich zerbrechlich und leicht vergänglich und reißt in zahlreichen Längsrissen auf, um die Sporen zu entlassen. Die Natur der Fäden als der „von allen parenchymatösen Geweben entkleideten Holzbündel" ist von Corda richtig erkannt worden.

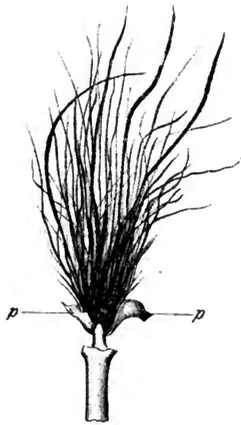


Fig. 9.
Brandkörper von *U. Reiliana* Kühn nach Entfernung des Perispors und der Brandsporen. p = Reste des Perispors. Nat. Gr.

Jedenfalls leiten die Bündel — ganz zum Nachteile der Wirtpflanze — dem vom Brande ergriffenen Meristem solange Wasser und Nährstoffe zu, bis sie selbst von der Krankheit in Mitleidenschaft gezogen werden. Die Rückwirkung der letzteren Phase auf die Bündel äußert sich in den angrenzenden Internodien vorzugsweise in einer eigentümlichen Verstopfung der Gefäße mit einer homogenen, rötlich gefärbten gummösen Masse, in gleicher Weise, wie es u. a. *Colletothrichum falcatum* Went, der Erreger der „Roodsnot"- oder „Rotrotz"-Krankheit im Zuckerrohr verursacht.[2]) Ich habe diesen Vorgang an der *Sorghum*-Pflanze nur bei Erkrankungen an *U. Reiliana* beobachtet; die Gummose pflanzt sich hier übrigens bis in die Bündel der obersten Blattscheiden fort.

An der Peripherie jener Fäden — die ich als „Brandfäden" bezeichnen möchte — kann man noch im reifen Brandkörper Ballen unreifer Sporen in jugendlichen Entwicklungsstadien antreffen, entweder dem Faden nur lose angeheftet und sonst frei abstehend (Fig. 10) oder ganz oder teilweise von Hyphenresten und collabiertem Parenchym umgeben (Fig. 11).

Die Sporen werden in Ballen von sehr verschiedener Größe erzeugt; unsere Abbildungen (Fig. 10 u. 11) zeigen nur kleine und wenigzellige Konglomerate.

Bei dem später zu schildernden Krankheitsverlaufe[3]) werden außer dem Haupt-

---

[1]) Corda, Der Hirsebrand, in: Ökonomische Neuigkeiten und Verhandlungen. Bd. 72 (Prag 1846) S. 650 f. Taf. III. Fig. 3—7.

[2]) Wakker en Went, De ziekten van het Suikerriet op Java. (Leiden 1898) S. 38. Taf. 1. und W. Krüger, Das Zuckerrohr und seine Kultur. S. 409 ff.

[3]) S. Abschn. 2 dieses Kapitels.

sproßgipfel meist auch die sich etwa entwickelnden Seitensprosse in Mitleidenschaft gezogen. Erwähnung verdient auch ein anderer Fall, bei dem der Haupt- und ein Seitensproß der subsp. *halepensis* durch *U. Reiliana* deformiert war, ein zweiter Nebensproß dagegen Blüten gebildet hatte, die von *U. cruenta* befallen waren (No. 1182 meines Herbars.[1])

Daß die von *U. Reiliana* infizierten Exemplare der Hirse „erheblich niedriger" bleiben sollen, als gesunde Pflanzen,[2]) ist mir niemals aufgefallen; eine gewisse Verkürzung gegenüber der gesunden Pflanze findet natürlich immer statt und sei es auch nur um die Differenz der Länge eines Blütenstandes.

Die mikroskopische Betrachtung des Sporenstaubes zeigt, daß die Sporen — ihrer Bildung (s. o.) entsprechend — meist zu kleinen unregelmäßig geformten Ballen verklebt sind. „Ob hanc notam species haec forte ad genus *Sorosporium* ducenda videtur" heißt es bei Saccardo[3]) — meines Erachtens nicht ganz mit Unrecht.

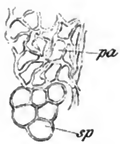


Fig. 10.

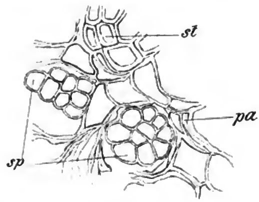


Fig. 11.

Unreife Sporenballen von Ust. Reiliana an den „Brandfäden". (Querschnitt durch die Peripherie der Brandfäden) Vergr. 800. pa = Parenchym; sp = Sporenballen; st = Fasern aus den Stereombündeln des Brandfadens.

Wenn man das in Fig. 11 dargestellte untere Konglomerat mit der von Fischer von Waldheim[4]) gegebenen Abbildung eines unreifen Sporenballens von *Sorosporium Saponariae* Rud. vergleicht, wird man kaum einen bemerkenswerten morphologischen Unterschied feststellen können. Andrerseits nähert sich unsere Fig. 10 wiederum dem Bilde des gleichen Autors von *Ustilago antherarum* Fr.[5]) Demnach steht *U. Reiliana* bezüglich der Sporenbildung in der Mitte zwischen *Ustilago* und *Sorosporium*. Vermutlich wird man bei näherem Studium der Entwicklungsgeschichte der Sporen bei *Ustilago*-Arten noch mehrere derartige Übergangsformen antreffen.[6])

[1]) Nach Brefeld (a. a. O. V, S. 91), hat Kühn künstlich *Sorghum halepense* mit beiden Pilzen gleichzeitig infiziert.

[2]) Kühn, Brandformen der *Sorghum*-Hirse a. a. O.

[3]) Sylloge VII, 471.

[4]) Pringsheims Jahrb. VII (1869) Taf. X, Fig. 16.

[5]) a. a. O. Taf. IX, Fig. 34.

[6]) Die Frage, ob die Gattung *Sorosporium* überhaupt aufrecht zu erhalten ist, bedarf m. E. erneuter Prüfung. Über die Abgrenzung der Gattungen mit losen und verbundenen Sporen und die Verknäuelung der sporenbildenden Fäden vergl. a. Brefeld V, 171 f. u. 174 und XII, 207 ff.

Das Merkmal des Verbundenseins der Sporen von *U. Reiliana* ist übrigens keineswegs konstant, sondern wechselt je nach Alter der Brandkörper, deren Trockenheit usw. ganz beträchtlich.

Oft trifft man nach Verteilung der Sporenmasse in Wasser überhaupt nur Einzelsporen an; die Verbindung ist demnach außerordentlich lose.

Im übrigen habe ich der bekannten Diagnose von *U. Reiliana* nur hinzuzufügen, daß ich reife Sporen mit einem Durchmesser von unter 11 μ kaum gefunden habe: die kugeligen Sporen hatten zumeist einen Durchmesser von 14—14,5 μ, die Größenverhältnisse der breit-elliptischen oder eiförmigen Exemplare variieren zwischen 12,6—16,2, sehr selten 18 oder gar 19,5 μ Länge und 11—14, in seltenen Fällen 16 μ Breite.

Betreffs der Keimung der Sporen und des Verhaltens der Konidien in Nährsalzlösungen bin ich zu den gleichen Ergebnissen gelangt, wie Brefeld.[1])

U. Reiliana befällt sowohl die verschiedensten Formen der *Sorghum*-Hirse wie auch *Andropogon arundinaceus* und den Mais. In Afrika scheint die Krankheit weit verbreitet zu sein: einschließlich meiner Sammlungen wurde sie von Kairo bis zum 10° s. Br. (in Ostafrika) gefunden. Von Kairo erhielt Kühn im Jahre 1868 das erste Material der Art, das seiner Beschreibung zu Grunde gelegt wurde, und womit er seine erfolgreichen Infektionsversuche in Halle ausführte. Auch in Madagaskar und Ostindien (Lahore) kommt *U. Reiliana* vor und findet sich bisweilen auch in Europa.

Reife Brandkörper von *U. Reiliana* fand ich im Juni und Juli 1900 in Ost-Ussagara (bei Kilossa), (No. 1181 und 1182 b), im September desselben Jahres im Unguru-Gebirge (bei Tunguli) (No. 1186), im Mai und Juni 1903 im Hinterlande von Lindi (bei Seliman-Mamba) (No. 2695, 2705, 2707—10, 2764, 2768 u. 2809).

Ich halte *U. Reiliana* für die gefährlichste aller mir bekannten *Sorghum*-Krankheiten. Dr. Reil, der im Jahre 1868 von Kairo das erste Material an Kühn sandte, schrieb dem Gelehrten, der Pilz, arabisch „hamari" genannt, werde „ebenso gefürchtet, als sorgfältig vernichtet, wo er sich zeigt."[2]) Leider können wir von den ostafrikanischen Negern die gleiche Einsicht und Achtsamkeit nicht vermerken. Die Eingeborenen unserer Kolonie kennen zwar diese, wie die anderen Brandkrankheiten der Hirse sehr wohl und wissen, daß sie besonders stark in trockenen Jahren auftreten. Aber das einzige, übrigens sehr eigenartige Vernichtungsmittel, das sie kennen und hier und da anwenden, kann nicht als radikal wirkend angesehen werden. Einige Stämme essen nämlich die unreifen Brandkörper als Gemüse; man schneidet sie in dem Zustande, da sie noch von den Scheiden umhüllt werden, ab und röstet oder kocht sie nach Entfernung der Scheiden.

Mag dadurch auch hier und da zur Verminderung der Krankheit beigetragen werden, so ist doch mit einer solchen sporadischen Vernichtung einiger Brandkörper nicht viel getan.

---

[1]) Botan. Unters. über Hefepilze. V, 97 f.

[2]) Kühn, Brandformen der *Sorghum*-Hirse a. a. O.

d) Tolyposporium filiferum n. sp.

(Hierzu Taf. V, Fig. 1—12.)

Im August 1900 fiel mir an verschiedenen Stellen Ugogos in den Hirsefeldern ein durch seine eigenartigen Mißbildungen ausgezeichneter Pilz auf, der sich bei näherer Untersuchung als eine neue *Tolyposporium*-Art erwies.

Er bildet 10—25 mm lange, 3—5 mm dicke, schwach gebogene, mutterkornartig aus den gesunden Fruchtständen hervorragende Brandkörper aus (Fig. 1 u. 2). Das hellbräunlichgelbe, papierartige spröde Perisporium platzt zuerst an der Spitze, dann an den Seiten auf und läßt einen Büschel von 8—10 dunkelbrauner schmaler Bänder oder Fäden hervortreten (Fig. 1 u. 3). Schlitzt man die Brandhaut vollständig auf, so sieht man, daß die schwarzbraunen Fäden dem Boden des deformierten Ovars entspringen (Fig. 4 u. 5); an dieser Stelle bildet das Perispor mitunter zwischen den Austrittsstellen der Fäden je eine schwache leistenartige Verdickung (Fig. 5). Der Brandkörper ist dicht mit Sporenmassen erfüllt, die ziemlich fest zwischen den Bändern eingepreßt liegen.

Ehe ich an die Beschreibung der Sporen gehe, sei den fadenförmigen Gebilden, die mich veranlaßten, die vorliegende Art *T. filiferum* zu nennen, eine kurze Betrachtung gewidmet. Wir haben hier den gleichen Fall vor uns, wie bei *Ustilago Reiliana* und *U. Panici miliacei*, nämlich die Isolierung und Hypertrophie der Gefäßbündel der den Brandkörper tragenden Achse.[1]) Bei *U. Reiliana*, wo der ganze Sproßgipfel zum Brandkörper umgewandelt wird, handelt es sich um die Bündel des Stengels, bei *Tolyposporium filiferum* um diejenigen des Blütenstiels. Das gesamte übrige Gewebe wird vom Pilz verbraucht und zur Ausbildung der Sporenmassen verwendet. Die Brandfäden stehen am Grunde des Brandkörpers bereits vollkommen isoliert (Fig. 5), an der Spitze sind sie lose mit dem hier verdickten Perispor und teilweise auch untereinander verwachsen.[2]) Sie sind 0,3—1 mm breit, die breiteren von ihnen bisweilen am oberen Ende zerschlitzt. Auf dem Querschnitt weisen die Brandfäden annähernd die gleichen anatomischen Verhältnisse auf, wie diejenigen von *Ustilago Reiliana*, natürlich mit der Einschränkung, daß die Gefäßbündelelemente bei letzteren in ungleich größerer Zahl und Mächtigkeit vertreten sind als hier.

Beim Öffnen der reifen Brandkörper rieselt das feinkörnige Sporenmaterial daraus hervor; ich sage absichtlich nicht: „staubt", denn die Sporenmasse besitzt nicht die rußige, staubige Beschaffenheit, wie wir sie von anderen Brandpilzsporen kennen, sie färbt auch bei Berührung mit den Fingern nicht ab. Die unregelmäßig geformten, aus zahlreichen Sporen zusammengesetzten Sporenballen (Taf. V, Fig. 6)

[1]) Bei Lichte betrachtet erscheint die Isolierung der hypertrophierten Bündel weit weniger sonderbar, als ihre Vereinigung zu dem eigenartigen Gebilde, das wir bei anderen Brandpilzen (z. B. *Ustilago Sorghi* und *U. cruenta*) als „Columella" kennen. Daß auch bei der Columella die Neigung zur Trennung der Bündel bestehen kann, zeigt sich bei *Ustilago Sorghi*, wo bisweilen wenigstens die Spitze des Säulchens zerfranst. (S. o.)

[2]) Zu einer entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung eignet sich leider das von mir gesammelte Material nicht, da es ausschließlich vollreife Brandkörper enthält.

erreichen nämlich die ansehnliche Größe von 0,051—0,181 × 0,051—0,136 mm. Bisweilen besitzen sie walzenförmige Gestalt. Während die reifen Sporenballen nicht aneinander haften, sind die einzelnen Sporen fest miteinander verkittet, so daß man nur selten abgebröckelte isolierte Zellen im Gesichtsfelde findet.[1]) Sie erscheinen unter dem Mikroskope bräunlichgrün, sind von Gestalt kugelig oder annähernd kugelig, auch wohl unregelmäßig eiförmig und oft durch gegenseitigen Druck abgeplattet und messen im Durchmesser 12,5—16,2 × 10,8—16,2 μ. Das dicke Epispor trägt deutlich hervortretende verhältnismäßig lange Stachelwarzen (Fig. 6 u. 7), ist bisweilen jedoch nur flachwarzig ausgebildet (Fig. 9).

Der Pilz befällt, wie erwähnt, die Ovarien der Hirse und zwar findet die Infektion jedenfalls in einem Stadium frühester Jugend statt. Stets sah ich nur vereinzelte Brandkörper inmitten gesunder, normal ausgereifter Früchte; immerhin waren auf größeren Parzellen der verseuchten Felder kaum völlig gesunde Pflanzen anzutreffen.

Die Krankheit fällt namentlich sofort ins Auge, wenn sie auf der — in Ugogo hauptsächlich angebauten — Hirse-Varietät auftritt, die wir bereits als var. *densissimus* erwähnt haben: aus den roten kompakten walzenförmigen Fruchtständen weit hervorragend sind die hellgelben Brandkörper ohne weiteres zu identifizieren. Ich fand den Pilz sowohl auf dieser Varietät, als auch auf deren weißer Form (var. *densissimus* Busse et Pilger f. *alba*) an verschiedenen Stellen Ugogos im August 1900 (No. 278, 278a), einmal auch auf der var. *nitens* Busse et Pilger[2]) in Nsali am Bubu (Ugogo) im August 1900 (No. 1182c).

Von *Tolyposporium Volkensii* P. Henn. unterscheidet sich die neue Art durch Größe und Gestalt der Brandkörper, durch die Bildung der typischen „Brandfäden", durch Größe und Zusammensetzung der Sporenballen und durch die Größe der Sporen.

Die Diagnose des Pilzes möge hier angefügt werden:

Tolyposporium filiferum Busse n. sp.

Soris in ovariis pustulas ovato-oblongas vel subcylindraceas, paullum curvatas, 10—25 mm longas, 3—5 mm latas, in maturitate ad apicem fasciculo 8—10 filorum atrobrunneorum ex ovarii basi nascentium perforatas, perisporio brunneo-flavescente papyraceo, maturo fragili obtectas formantibus; glomerulis irregulariter angulatis, rarius subglobosis vel cylindratis 0,051—0,181 : 0,051—0,136 mm diametro, e sporis numerosissimis compositis; sporis globosis vel subglobosis vel subovatis, saepe polygonaliter compressis 12,5—16,2 : 10,8—16,2 μ diametro, episporio crasso brunneo-olivaceo, aculeato vel interdum verrucoso.

Habitat in ovariis *Andropogonis Sorghi* in Africa Australi Germanica. Legit Busse (No. 278, 278a, 1182c).

Die Keimung der Sporen von *T. filiferum* ging in verschiedenen Nährlösungen[3]) ohne irgend welche Vorbehandlung — wie sie nach Brefelds Erfahrungen andere *Tolyposporium*-Arten erfordern — leicht von statten. Das Material

[1]) Sporen mit stacheligem Epispor haften bei dieser Art im allgemeinen sehr fest aneinander, während Ballen von Sporen mit flachwarzigem Epispor bei längerem Verweilen in Wasser oder Nährlösungen leichter in ihre Komponenten zerfallen.

[2]) Englers Botanische Jahrbücher Bd. XXXII (1902) 188.

[3]) Denselben, die auf S. 376 genannt wurden. In Buitenzorg benutzte ich zur Züchtung der *Sorghum*-Ustilagineen mit bestem Erfolg ein Dekokt aus frischen *Sorghum*-Blättern mit 2% Glukose, 0,8% Pepton und Spuren sekund. Natriumphosphats.

war im August 1900 gesammelt und trocken aufbewahrt worden, bis im Juli 1902 die Untersuchungen ausgeführt werden konnten.

Mit wenigen Ausnahmen (s. o.) fand in der Nährflüssigkeit kein Zerfall der Sporenballen in die Einzelsporen statt, vielmehr ging die Keimung in der für die Gattung *Tolyposporium* charakteristischen Weise vor sich. Nach allen Seiten strahlten die jungen Promycelien von den Sporenklumpen aus.

Der Beginn der Keimung (Fig. 7b) ist nicht immer deutlich zu verfolgen, da häufig die keimenden Zellen eines Ballens durch andere, sich darüber wölbende Sporen verdeckt sind.

Die Keimung erfolgt frühestens am dritten Tage, das normale Promycel ist stets dreizellig (Fig. 9); es schnürt in bekannter Weise an der Spitze und den Scheidewänden Konidien ab, bisweilen in solchen Mengen, daß schon am 4. Tage einige Promycelien in dichten Konidien-Haufen vollständig verschwinden. In vereinzelten Fällen wachsen die Konidien, während sie noch dem Fruchtträger anhaften, zu langen Fäden aus. Die Konidien beginnen unmittelbar nach ihrer Ausbildung und sowohl vor als nach ihrer Abtrennung vom Promycel sich durch Sprossung zu vermehren (Fig. 9 a u. c). Danach keimen und wachsen sie, solange Nährmaterial vorhanden, zu septierten Fäden aus, die an den Scheidewänden wiederum Konidien abschnüren (Fig. 10a stellt Anfangsstadien solcher Bildungen dar,[1]) Fig. 10 die Keimung bei ungenügender Ernährung). Auf die Bildung von Luftkonidien (Fig. 12) brauche ich nicht näher einzugehen, da Brefeld[2]) die Bedingungen für das Zustandekommen dieser Konidien-Form eingehend erläutert hat, und da ich seine bei anderen *Tolyposporium*-Arten erhaltenen Ergebnisse durchaus bestätigt fand. Nicht immer werden nun die Promycelien in der erwähnten Weise gebildet, sondern öfters wächst der aus der Spore austretende Keimschlauch nach Bildung von 1 bis 2 Querwänden und Entleerung des Inhalts in die vorderste Zelle zunächst zu einem längeren Faden aus (Fig. 7a u. 8), der sich dann später in der Spitzenregion wiederum durch Querwände fächert und end- und seitenständige Konidien abschnürt. Letztere werden auch an besonderen Seitenästen gebildet, wodurch dann das Bild eines solchen verlängerten Fruchtträgers im Vergleich zu den normalen Promycelien erheblich verändert wird. Bei reichlicher Ernährung fallen die an solchen Fäden gebildeten Konidien besonders groß aus. (Fig. 10b).

Da außer jenen „verlängerten Fruchtträgern" auch fädige Ausläufer (Fig. 11) gebildet werden, wie sie durch Brefeld von anderen Ustilagineen hinlänglich bekannt geworden sind, da alle diese fadenförmigen, centrifugal wachsenden Bildungen von dem aus zahllosen Sporen zusammengesetzten Ballen ausgehen, so entsteht um letzteren im Verein mit den normalen Promycelien bald ein unentwirrbarer Knäuel, während die ganze Peripherie des Kulturtropfens von den strahlenförmig verlaufenden Fadenendigungen besetzt ist, an denen größtenteils reichliche Konidien-Abschnürung erfolgt, solange Nährmaterial vorhanden ist.

[1]) Brefeld hat das Gleiche bei *Ustilago Coicis* beobachtet und abgebildet (XII, Taf. VI Fig. 41).
[2]) XII S. 152 ff.

Die Bildung der „verlängerten Promycelien“ möchte ich darauf zurückführen, daß in der nächsten Umgebung des Sporenballens bei der überreichen Vegetation und Konidien-Sprossung die Nährstoffe schneller aufgezehrt werden, als durch den natürlichen physikalischen Ausgleich innerhalb des Flüssigkeitstropfens für Zustrom neuen Materials an gelösten Stoffen von den äußeren Zonen her gesorgt werden kann. Deshalb sind die später austreibenden Keimschläuche genötigt, entlegenere Stellen des Kulturtropfens aufzusuchen, in denen sie das für die Konidien-Bildung erforderliche Baumaterial finden.

Über meine erfolglosen Versuche zur Züchtung von Brandsporen dieser Art in künstlichen Nährmedien habe ich bereits oben (unter *U. cruenta*) berichtet.

e) Tolyposporium Volkensii P. Henn.

P. Hennings in Englers Pflanzenwelt Ostafrikas, Teil C, S. 49 und Notizbl. Bot. Gart. u. Mus. I (1896) S. 119.

Dieser von Volkens am Kilimandjaro gefundene Pilz scheint nach dem Aussehen der (im Königl. Botan. Museum zu Berlin vorhandenen) kranken *Sorghum*-Rispen und nach des Entdeckers handschriftlicher Notiz: „Im Stationsgarten (von Marangu) die *Sorghum*-Kultur vernichtend“ keineswegs ein harmloser Parasit zu sein. Er befällt einzelne Fruchtknoten, die dann beulenartig anschwellen und als ziemlich feste, fast erbsengroße, länglich-kugelige Körper aus den Spelzen hervortreten.

Unter den von mir gesammelten Ustilagineen befindet sich *T. Volkensii* nicht, doch wollte ich der Vollständigkeit halber nicht unterlassen, des Parasiten hier kurz Erwähnung zu tun.

2. Beobachtungen über den Verlauf der Brandinfektion.

In das Programm für meine Buitenzorger Arbeiten hatte ich u. a. Freiland-Infektionsversuche mit den vorstehend erwähnten Brandpilzen aufgenommen. Jedoch kam es nicht zur Ausführung dieser Versuche, da die Direktion der Buitenzorger Institute unter Hinweis auf die Tatsache, daß Brandkrankheiten der Hirse auf Java bisher nicht beobachtet worden sind, mich ersuchte, von meinem Vorhaben abzustehen. Wenn auch die *Sorghum*-Kultur in den feuchten Regionen Westjavas weder eine Bedeutung erlangt hat, noch sie voraussichtlich je erlangen wird, so sollte doch begreiflicherweise jede Gelegenheit zur Einschleppung fremder Hirsekrankheiten vermieden werden, die zu bekämpfen oder gar wieder auszurotten jedenfalls schwieriger wäre, als sie einzuführen.

Ein eigenartiger Zufall fügte es dennoch, ohne mein Zutun, daß der Brand auf meinem Versuchsfelde im Kulturgarten von Tjikeumeuh auftrat. Zum Studium einiger biologischer Verhältnisse der *Sorghum*-Pflanze war das Feld mit drei ostafrikanischen und einer ägyptischen Varietät bestellt worden.[1]) Als die Hirse aufgeschossen war, stellte es sich heraus, daß zahlreiche Pflanzen der ägyptischen Parzelle an Brand und zwar an *Ustilago cruenta* erkrankt waren. Nachträgliche Untersuchung des übriggebliebenen Saatgutes ergab noch das Vorhandensein zahlreicher

[1]) Das Saatgut der letzteren hatte mir Herr Dr. A. Preyer in Kairo freundlichst gesandt.

Brandsporen der genannten Art, welche den Getreidekörnern anhaftend durch Wasser leicht abgeschwemmt wurden.[1])

Es sprechen somit alle Anzeichen dafür, daß der Brand durch die der Hirsesaat beigemischten Sporen übertragen wurde; allerdings bleibt nach den neuesten Forschungen Brefelds[2]) noch die Möglichkeit bestehen, daß bereits die Hirsekörner den Keim der Krankheit in sich trugen. Die benachbarten, mit ostafrikanischer Saat bestellten Parzellen blieben, soweit ich feststellen konnte, von der Krankheit vollständig verschont.

Übrigens möchte ich an dieser Stelle bemerken, daß die unerwartete und für die Verwaltung des Kulturgartens in Tjikeumeuh unerwünschte Einschleppung des Hirsebrandes kaum irgendwelche Folgen nach sich ziehen wird, weil es — unter dem Einflusse des regenreichen Klimas — in keinem Falle zur Ausbildung normaler Brandkörper auf den befallenen Pflanzen kam. In sämtlichen vom Brand infizierten Blütenständen siedelte sich alsbald ein *Fusarium* an, das den Brandpilz überwucherte und, unterstützt von der Nässe und den Bakterien zu völliger Fäulnis der infizierten Blüten führte. So wurde das Verstäuben der (schon gebräunten) Brandsporen verhindert und ich bezweifle, daß letztere überhaupt zur Vollreife gelangten. Um aber der Gefahr der Verbreitung der Krankheit gründlich zu begegnen, empfahl ich dem neuernannten Direktor des Kulturgartens, Herrn Pitt, die (noch während der Regenzeit abgeernteten) Früchte zu verbrennen und außerdem die betreffende Parzelle des Versuchsfeldes vorläufig nicht wieder mit Hirse zu bestellen.

Der Verlauf der Brandkrankheit in Buitenzorg hat die den Negern Ostafrikas längst bekannte Tatsache bestätigt, daß übermäßige Nässe die Kraukheit beeinträchtigt.

Abgesehen von dem endlichen Verlaufe der Brandkrankheit unter dem Einflusse des Buitenzorger Klimas erregte die Untersuchung der an den brandigen Pflanzen entwickelten Seitensprosse mein besonderes Interesse.

Unter normalen Bedingungen pflegt die Hirsepflanze in Afrika keine Seitentriebe zu bilden. Bei ungewöhnlich feuchtem Wetter jedoch schießen solche in geringerer oder größerer Zahl — je ein Sproß an einem Knoten — hervor, um später ebensoviele Blüten- und Fruchtstände zu erzeugen. Stets aber treten Seitensprosse korrelativ in Tätigkeit, wenn der Hauptsproß in jugendlichem Alter irgend eine Verletzung erleidet, die seine weitere Entwicklung in Frage stellt.

Wie bereits früher erwähnt, werden an brandigen Hirse-Pflanzen auch die Seitensprosse infiziert. Nicht immer gilt das für sämtliche dieser Bildungen

[1]) Die Hirsekörner wurden im Reagensglase mit Wasser geschüttelt, worauf sich die spezifisch leichteren Sporen in dem über den Körnern stehenden Wasser ansammelten. Auch in dem durch Absieben erhaltenen Staube wurden die Sporen gefunden.

[2]) Vergl. Brefeld, Neue Untersuchungen und Ergebnisse über die natürliche Infektion und Verbreitung der Brandkrankheiten des Getreides. (Nachrichten a. d. Club der Landwirte zu Berlin. No. 466 [1903] S. 4224 ff.)

an einem und demselben Halm; bisweilen trifft man auch völlig gesunde Seitentriebe neben brandkranken Sprossen an.

Es frägt sich nun, in welcher Weise die Infektion der Seitensprosse zu stande kommt. Entweder müssen die jüngsten Anlagen dieser axillär entspringenden Triebe bereits bei Infektion des Hauptsprosses, also in frühester Jugend, den Keim der Krankheit aufnehmen oder aber die Infektion könnte nachträglich, beim Austreiben der ruhenden Knospen von infizierten Teilen des Hauptsprosses aus übertragen werden.

R. Wolff hat in seiner bekannten Schrift über den Brand des Getreides[1]) diese Frage nur kurz berührt und sichtlich mit Bezug auf Gramineen, bei denen die Entwicklung von Nebentrieben normalerweise zu Beginn der Vegetationsperiode erfolgt. Bei der *Sorghum*-Pflanze trifft letzteres, wie gesagt, nicht zu; die Seitensprosse gehören vielmehr nicht zur normalen Architektur der Pflanze, ihre Anlagen verharren dauernd im Ruhezustande, wenn nicht außergewöhnliche Umstände sie auszutreiben veranlassen.

Wolff spricht sich dahin aus, daß das Ustilagineen-Mycel bei dem — in der Querrichtung erfolgenden — Durchwachsen der jüngsten Blattanlagen in frühester Jugend „auch in die um diese Zeit von den tief am primären Knoten gelegenen Blattachseln emporschießenden Nebentriebe gelangt“.

J. Kühn[2]) hat bei seinen umfangreichen Untersuchungen diese Frage ebenfalls nur gestreift. Nach Kühn findet man beim Eindringen des Brandpilzes in die Achse der Keimpflanze „nach verhältnismäßig kurzer Zeit das Mycelium des Parasiten namentlich in der Nähe der Gefäßbündel verbreitet, und zwar soweit verbreitet, als dieselben bereits gebildet sind — bis in die Nähe der Knospenlage des Hauptstengels und der Nebentriebe. Mit der Entwicklung der Knospen vermag das Mycel somit leicht in alle Stengelteile zu gelangen“.

Mit Ausnahme dieser letzten Andeutung finden wir auch bei Kühn die Infektion der ruhenden Knospen nicht besonders berücksichtigt. Um so eingehender dagegen bei Brefeld.[3]) Seine Darlegungen beziehen sich allerdings nicht auf den vorliegenden Fall, sondern nur auf einen analogen Vorgang, nämlich die Entwicklung des Brandes in den neuen Achsen perennierender Pflanzen. Auch hierbei handelt es sich um einen Zustand latenter Vegetation des Pilzes in den Neubildungsherden oder in deren unmittelbarer Nähe.

Übrigens muß ich hier einschaltend bemerken, daß ich in Ostafrika auch bei *Sorghum* wiederholt an den auf verlassenen Feldern neu ausgetriebenen Sprossen vorjähriger Pflanzen brandige Infloreszenzen angetroffen habe. Nach Lage der Dinge konnte in diesen Fällen von einer neuen Infektion nicht wohl die Rede sein, sondern der Pilz *(U. Reiliana* bezw. *U. Sorghi)* mußte bereits in den ausdauernden Organen der betreffenden Pflanzen vom Vorjahre her vorhanden gewesen sein.

---

[1]) R. Wolff, Der Brand des Getreides. (Halle 1874) S. 22.

[2]) Ber. d. Sitzungen der Naturforsch.-Gesellsch. zu Halle 1874. S. 5.

[3]) Unters. a. d. Gesamtgebiete der Mykologie XI. S. 86 ff.

Nach Brefelds Anschauung sind in den Knoten der perennierenden Achsen, an denen jährliche Triebe angelegt werden, Mycelteile enthalten, die „in den erhärteten Geweben eingeschlossen, an dieser Stelle nicht zur weiteren Entwicklung kommen konnten". Bei den einjährigen Pflanzen enden diese Fäden „harmlos und steril in ihrer Gefangenschaft mit dem Untergange dieser Pflanzen". „Nicht gleich aussichtslos" — fährt Brefeld fort — „ist aber ihre fernere Entwicklung bei den perennierenden Pflanzen und zwar gerade an den Stellen der Achsen, die alljährlich axilläre neue Triebe bilden. Mit der Anlage dieser Sprosse werden neue und junge Gewebe gebildet und zwar unmittelbar an oder in den Stellen, wo die Pilzfäden in den Zellen gefangen gehalten sind. Eben diese Neubildungen mit ihren jungen Geweben, wofern sie in ihren Anlagen die Zellen mit den Pilzfäden in Mitleidenschaft ziehen, eröffnen diesen Fäden wieder eine neue Zukunft der Entwicklung, freilich nur unter der Voraussetzung, daß sie früh genug in die jüngsten Gewebe der Seitensprosse vordringen und hier die Vegetationsspitze erreichen können. Geschieht dies, so ist der Erfolg gesichert." „Geschieht es nicht, oder geschieht es zu spät, so bleiben die Triebe brandfrei, auch wenn sie infiziert sein sollten."

Wie bei den Jahrestrieben perennierender Gewächse, so tritt auch die Infektion der Seitensprosse am *Sorghum*-Halm ungleichmäßig ein: wir finden erkrankte und gesunde Infloreszenzen auf derselben Pflanze. Brefelds Ansicht zufolge würden die jungen Triebe bei besonders schnellem und üppigem Wachstum, bei zu sehr geförderter Entwicklung „den Pilzkeimen entwachsen und diese dann von den Stellen ihrer alleinigen wirksamen Entwicklung (d. h. der Brandlagerbildung) ausschließen können".

Zum vollen Verständnis dieser Anschauung wie auch des Folgenden müssen übrigens Brefelds Untersuchungen über den Verlauf der Krankheit beim Hafer- und Hirsebrand (*U. cruenta*)[1]) gebührend berücksichtigt werden, Untersuchungen, die wohl als bekannt vorausgesetzt werden dürfen. Mit Nachdruck betont der genannte Forscher zu wiederholten Malen, daß die Reste der die Achsen im frühesten Jugendstadium allgemein durchdringenden, dann aber beim schnellen Wachstum der Sprosse zerreißenden Brandpilzfäden später am sichersten noch in den parenchymatischen Geweben der Knoten auffindbar seien. Hier, wie in sämtlichen Geweben, mit alleiniger Ausnahme der Meristeme an den Vegetationspunkten sollen sie „erstarren" und dauernd ohne Gefahr für die Pflanze bleiben.

Die Entwicklung ruhender Knospen in den Achseln der *Sorghum*-Blätter würde also — im Sinne Brefelds gedeutet — ein Wiedererwachen der Krankheit hervorrufen, wobei die Knoten als Ausgangspunkte, als Infektionsherde zu betrachten wären.

Dieser Prozeß würde sich in den meisten Fällen erst in einem vorgerückteren Alter der *Sorghum*-Pflanze abspielen, dann nämlich, wenn die Entwicklung der Neben-

---

[1]) A. a. O. S. 37 ff.

sprosse durch besondere äußere Umstände veranlaßt wird. Anderenfalles müßte man annehmen, daß jeder brandige Seitentrieb den Keim der Krankheit im Meristem bereits bei der primären Infektion der jugendlichen Mutterpflanze in sich aufgenommen hätte.

Obwohl sich völlige Klarheit hierüber nur durch Studien an den frühesten Jugendzuständen der Seitensprosse gewinnen lassen kann — eine Arbeit, die ich in Buitenzorg nicht ausführen konnte, da das nicht geahnte Auftreten des Brandes in meinem Versuchsfelde zu spät konstatiert wurde — so habe ich doch nicht versäumt, sowohl in Buitenzorg, wie auch später in Ostafrika die Seitentriebe aller brandigen Hirsepflanzen eingehend zu untersuchen.

Dabei ergab sich in der Mehrzahl der Fälle — jedenfalls aber immer, wenn auch die Infloreszenzen des betreffenden Seitensprosses vom Brande befallen, die Infektion dieser Triebe also positiv[1]) verlaufen waren — das Vorhandensein einer stark gebräunten, meist eng umschriebenen Stelle an der Stengelrinde des Hauptsprosses, und zwar gerade dort, wo der Seitensproß mit dem Knoten des letzteren verwachsen war. Es zeigte sich ferner, daß die Bräunung von einer Korrosion des Rindengewebes herrührte und daß diese mit weiteren Korrosionen an der Basis der Hauptsproßscheide und am Grunde des Seitensprosses korrespondierten. Die peripherischen Gewebe der drei genannten Organe liegen hier eng einander an.

In wiederholten Fällen gelang es mir, in dem abgestorbenen Gewebe dieser Stellen noch spärliche Reste des *Ustilago*-Mycels nachzuweisen. Meist kleideten dann Brandpilzhyphen die durch Zusammenfallen der abgestorbenen Zellen entstandene kleine Höhlung aus. Unzweideutige Ergebnisse lieferten diese Untersuchungen übrigens nur in Ostafrika, da in Buitenzorg Bakterien und eine *Fusarium*-Art, unter dem Einfluß der Nässe und des Honigtaus am Grunde der Scheiden üppig vegetierend, als sekundäre Parasiten die betreffenden, vom Brandpilz infizierten Stellen befielen, das Mycel des letzteren überwucherten und die Gewebekorrosionen erheblich erweiterten. Die in Buitenzorg gemachten Beobachtungen zeigten jedoch, daß solche Fäulnisherde an den bezeichneten Stellen nur an brandigen Pflanzen zu finden waren und erweckten dadurch die Vermutung, daß der Brandpilz der eigentliche Urheber der Korrosionen sei — eine Vermutung, die ich später in Ostafrika einwandsfrei bestätigt fand.

Die auf Taf. V enthaltenen Abbildungen 15, 18, 18c und 19 vermögen das Gesagte einigermaßen zu veranschaulichen. Der auf Fig. 15 dargestellte etwas verkrüppelte Seitensproß wurde an der Basis mit schiefem Schnitte vom Hauptsproß abgetrennt; bei c ist die Korrosion im Rindengewebe sichtbar. Fig. 18 zeigt die Korrosion (c) im Gewebe der an ihrem äußersten Grunde abgeschnittenen Hauptsproßscheide unmittelbar an der Stelle, wo der (von *Ustilago Reiliana*) befallene Seitensproß entspringt. Fig. 18c stellt den etwa 2 mm tiefer geführten Querschnitt durch den Stengel dar; sie zeigt, daß die Brandpilzwucherung sich nur auf die Stengel-

[1]) Im Gegensatz zur „blind“ verlaufenden Infektion, bei der die Vegetationspunkte vom Pilzmycel nicht erreicht worden sind.

rinde, nicht aber auf das Mark erstreckt. In allen von mir untersuchten Fällen war die Wucherung auf eine schmale Partie der Stengelrinde beschränkt. (Die korrespondierende Wucherung der Hauptsproßscheide konnte bei dem engen Zusammenschluß beider Organe in der Zeichnung nicht getrennt von der Stengelkorrosion dargestellt werden.)

Fig. 19 endlich zeigt ein drastischeres Bild, da hier *Fusarium* und Bakterien die Brandkorrosionen erweitert haben. Die Faulstelle (c) erstreckt sich an der Stengelrinde bis zum Grunde des Seitentriebes und mit ihr genau korrespondierend findet man an dem ausgeschnittenen Stücke der Hauptsproßscheide (s) die Faulstelle c, die auch noch unter die Ausschnittstelle hinabreicht. Es handelte sich hier um den Seitensproß einer von *Ustilago cruenta* befallenen Pflanze aus Buitenzorg: der Trieb war jedenfalls vom Brand infiziert worden, die Infektion jedoch „blind" verlaufen. Das Brandmycel ließ sich in diesem Falle nicht mehr sicher nachweisen, da *Fusarium* und Bakterien — wie Fig. 21 zeigt — eine weitgehende Zerstörung in den betreffenden Gewebepartien angerichtet hatten. Da brandfreie Pflanzen derartige Korrosionen am Grunde der Seitentriebe niemals aufwiesen und da meine afrikanischen Beobachtungen den Zusammenhang der fraglichen Erscheinung mit der Brandinfektion von Seitensprossen hinlänglich erhellten, hielt ich mich für berechtigt, auch im vorliegenden Falle den Brandpilz für den eigentlichen (primären) Urheber anzusehen.

Wenn man berücksichtigt, daß in denjenigen Knoten erwachsener brandiger *Sorghum*-Pflanzen, an welchen Seitentriebe nicht ausgebildet waren, weder die beschriebenen Korrosionen der Stengelrinde noch überhaupt äußerlich sichtbare Spuren des Brandpilzes sich auffinden ließen, so wird man zu der Vermutung gedrängt, daß bei der Entwicklung von Nebensprossen in den Achseln der Blätter die im peripheren Gewebe der Knoten verbliebenen („erstarrten") Reste des Brandmycels zu neuer Entwicklung angeregt wurden und daß der Pilz an der Stelle, wo sich später die Korrosion findet, in den jugendlichen Seitensproß übergetreten war. Ich nehme an, daß diese Infektion nicht direkt, sondern auf dem Umwege über die mit dem Stengel organisch verbundene Hauptsproßscheide zu stande kommt. Denn die in solchem Falle nie fehlende Infektion der Scheide wäre anders kaum zu erklären, es sei denn, man wollte annehmen, daß der Pilz aus dem Gewebe des jugendlichen Seitentriebes noch einmal in die fast oder ganz ausgewachsene Scheide übertrete. Dafür liegt meines Erachtens kein triftiger Grund vor; schon die Beschaffenheit des ausgewachsenen Scheidengewebes spricht dagegen.

Andrerseits erscheint es mir wohl annehmbar, daß der Pilz aus der Stengelrinde an der Ansatzstelle der Scheide in die letztere übertritt, in dieser eine bescheidene Wucherung erzeugt und dann von hier aus die von der Hauptscheide fest umschlossene jugendliche Seitensproßanlage befällt. Diese Phase der Infektion würde dann genau in derselben Weise verlaufen, wie bei den jungen Keimpflanzen, wo der Pilz in der Querrichtung fortwachsend von einer Blattanlage in die andere übertritt. Schon R. Wolff (a. a. O.) hatte als erster diesen Vorgang beobachtet und abgebildet.

Ich glaube es nach den hier wiedergegebenen Beobachtungen zum mindesten als wahrscheinlich ansehen zu können, daß die Infektion der am *Sorghum*-Halm aus ruhenden Knospen entstehenden Seitentriebe in der gleichen Weise vor sich geht, wie es Brefeld für die Infektion der neuen Jahrestriebe perennierender Gewächse annimmt. Würden die Meristeme der Ruheknospen gleichzeitig mit denen der Hauptsprosse infiziert, also den Keim der Krankheit von Anfang an in sich tragen, so wären die eigenartigen, durch Wucherung des Brandpilzes erzeugten lokalen Gewebezerstörungen an der Basis der Seitensprosse und in deren nächster Umgebung kaum erklärlich. Denn die ehemals die Knospen infizierenden Pilzfäden hätten — außerhalb der Meristeme — während der Entwicklung der Pflanze vom gleichen Schicksal getroffen werden müssen, wie sonst allerorts im Stengel der kranken Pflanze, d. h. ihre Reste wären ohne Hinterlassung sichtbarer Spuren von den erhärtenden Geweben eingeschlossen worden. In den Knoten und Internodien ausgewachsener Seitensprosse habe ich übrigens — von den erwähnten Stellen abgesehen — das Brandmycel ebensowenig angetroffen wie im Hauptsproße; seine spärlichen Reste entziehen sich später der Beobachtung.

Dagegen habe ich in Ostafrika in zwei Fällen bescheidene Brandwucherungen in den die Brandkörper umhüllenden jugendlichen Blättern wahrgenommen. Einmal handelte es sich um eine von *Ustilago Sorghi* befallene, nur teilweise infizierte Rispe, den anderen Fall stellt Fig. 18b (*U. Reiliana*) dar. Ob in diesen beiden Fällen der Pilz — in frühester Jugend natürlich — von den Brandlagern aus auf die den letzteren unmittelbar anliegenden Blätter nachträglich übergetreten war, also eine „Kontaktinfektion" stattgefunden hatte oder ob er bei Infektion der austreibenden Ruheknospe die betreffenden Blattanlagen auf seinem Wege durchquert und sich das Mycel ausnahmsweise im Blattgewebe weiter entwickelt hatte, ließ sich natürlich nicht mehr entscheiden. Die Bildung mehrerer strichförmiger Wucherungen scheint eher für Kontaktinfektionen zu sprechen.

Jedenfalls aber gehören derartige Infektionen der Blattspreite zu den Seltenheiten und sind auch für die Pflanze belanglos, da sie sich in bescheidensten Grenzen halten und nicht zu sporenbildenden Brandlagern werden.

Zum Schluß mögen noch den partiellen Infektionen brandkranker *Sorghum*-Rispen einige Worte gewidmet sein.

Brefeld[1]) hat beim Haferbrand beobachtet, daß bei partieller Infektion niemals die unteren Teile einer Rispe gesund und die oberen befallen sind, sondern daß immer das Umgekehrte der Fall ist und er erblickt in dem Umfange der Infektion „gleichsam den direkten Ausdruck für die jedesmaligen Grenzen des Vordringens der Pilzkeime in den jüngsten Stadien der Vegetationsspitzen zur Zeit der Blütenanlagen". Die Zerstörung der Blüten einer Infloresceuz würde also vom Grunde zur Spitze des Blütenstandes schrittweise fortschreiten und sie würde in dem Maße örtlich begrenzt bleiben, wie die Entwicklung der höher inserierten Blüten dem Vordringen des Pilzes voraneilt. Denn es darf

[1]) Bd. XI S. 41.

wohl nach Brefelds Untersuchungen als feststehend angesehen werden, daß die Gewebe der Wirtpflanze im allgemeinen nur im meristematischen Zustande ein für die Entwicklung von Brandkörpern geeignetes Substrat abgeben.

Ohne Brefelds Angaben in Zweifel ziehen zu wollen, muß ich doch nach meinen Beobachtungen an der Hirse annehmen, daß der Vorgang sich nicht immer in so einfacher und regelmäßiger Weise abspielt, wie Brefeld es beim Haferbrand beobachtet hat, daß seine Deutung des Infektionsverlaufes für die Infloreszenzen von *Sorghum* einer gewissen Einschränkung bedarf.

Mir liegen einige von *Ustilago Sorghi* und von *U. cruenta* befallene unreife und vor der Untersuchung noch von den Blättern fest umhüllte Rispen aus Ostafrika und Buitenzorg vor, an denen sich die Ausbreitung der Infektion ganz anders darstellt als es nach Brefeld beim Hafer die Regel ist. An diesem Material ist z. B. eine Rispe an der Basis völlig brandfrei, an der Spitze der Hauptachse dagegen, wie an einigen Seitenästen erkrankt. Und zwar war die Infektion durchaus „regellos" verlaufen, da von den in gleicher Höhe inserierten Rispenästen einige gesund, andere aber völlig oder zum Teil erkrankt waren. Und auch bei partieller Infektion der Seitenäste waren bemerkenswerterweise die terminalen und die der Spitze genäherten Blüten erkrankt, die unteren dagegen brandfrei.

In einigen anderen Fällen wies der Blütenstand an einer Seite eine von der Basis bis zur Spitze reichende Längszone brandiger Blüten auf, während er im übrigen von der Krankheit verschont geblieben war.

Die erwähnten Fälle lassen erkennen, daß die Infektion der Infloreszenzen nicht immer schrittweise von der Basis bis zur Spitze vorschreitet, sondern daß — aus vorläufig unerkannten Gründen — auch umgekehrt die Spitzenregion erkranken, die Basis der Infloreszenz dagegen von der Krankheit verschont bleiben kann, oder, daß nur eine Längsseite des Blütenstandes vom Grunde bis zur Spitze infiziert wird.

Eine direkte Infektion der Blütenanlagen durch von oben her eingewanderte Konidien halte ich angesichts des Schutzes, den die über den jugendlichen Anlagen fest zusammenschließenden jungen Blätter gewährten, in den vorliegenden Fällen für ausgeschlossen. Nach Brefelds Versuchen [1]) ist diese Art der Krankheitsübertragung bei der Hirse überhaupt sehr unwahrscheinlich.

Fast bin ich geneigt, anzunehmen, daß in derartigen Fällen die Infektion nicht vom Grunde der Infloreszenz aus, nicht auf dem gewöhnlichen Wege durch die Achse erfolgt ist, sondern daß der Pilz aus einem in innigster Berührung mit der jungen Anlage stehenden vorher infizierten Blattorgan nachträglich auf letztere übergetreten ist, daß also auch hier eine „Kontaktinfektion" vorliegt. Bestärkt werde ich in dieser Annahme noch durch die in einem speziellen Falle, an einem sehr jungen Seitensprosse gemachte Beobachtung, daß sich weder in den noch kurzen und weichen

[1]) a. a. O. XI S. 88.

Internodien unterhalb des Brandherdes noch in den zugehörigen Knoten eine Spur von Mycel nachweisen ließ. Daß der Nachweis an älteren ausgewachsenen Sprossen nur sehr selten gelingt, ist nicht sonderbar, im vorliegenden Falle jedoch war das negative Ergebnis der sorgfältigen Prüfung auffallend.

Vielleicht werden die wenigen hier mitgeteilten Beobachtungen zu weiteren und eingehenderen Untersuchungen anregen, die allein über die Frage entscheiden können, ob eine spätere Infektion der Blütenanlagen auf dem eben angedeuteten Wege sich vollziehen kann oder nicht.

Zum Schlusse seien noch einige allgemeine Bemerkungen über das Auftreten der *Sorghum*-Brandkrankheiten in Ostafrika und seine Abhängigkeit von äußeren Faktoren angefügt.

Um zu einer haltbaren Anschauung über die Bedeutung derartiger Krankheiten für die afrikanische Hirsekultur und zu praktischen Bekämpfungsmaßregeln zu gelangen, ist es notwendig, im Auge zu behalten, daß wir es mit einer tropischen Pflanze zu tun haben und daher Analogieschlüsse, die einer einseitigen Berücksichtigung der in unseren Klimaten an heimischen Brandkrankheiten gewonnenen Ergebnisse entspringen, nicht ohne weiteres gestattet sind.

Zunächst darf als feststehend angenommen werden, daß die *Sorghum*-Hirse und speziell die in den küstennahen Bezirken Ostafrikas angebauten Kulturformen dieses Getreides in ihrer Entwicklung von Witterungsverhältnissen überaus abhängig sind und unter Abnormitäten der Witterung — mögen diese zum einen oder zum anderen Extrem führen — mehr oder weniger stark zu leiden haben.

Die *Sorghum*-Hirse stellt keineswegs eine „harte" Pflanze dar, wie der Mais, dessen „außerordentliche Beugsamkeit der Organisation" — wie A. v. Humboldt es nannte — ihn in hohem Grade gegen widrige Einflüsse von Höhenlage, Klima und Witterung und gegen die Angriffe von Parasiten feit. Ist es mir doch trotz aufmerksamster Beobachtung während meiner verschiedenen afrikanischen Reisen nicht gelungen, auch nur eine kranke Maispflanze zu entdecken! *Sorghum* dagegen erweist sich als ungemein „anfällig" gegenüber allen jenen Faktoren und deshalb hat man in sämtlichen Gebieten mit unbeständigem Klima auch mit der Unsicherheit der Ernteerträge zu rechnen.[1] Im einzelnen ist bereits hervorgehoben worden, wieweit das Auftreten und der Verlauf einzelner *Sorghum*-Krankheiten von Klima und Witterung abhängig ist. Allerdings sind unsere eigenen Erfahrungen noch zu lückenhaft und die Lehre von den tropischen Pflanzenkrankheiten ist noch zu wenig durch eingehende Forschungen gefestigt, als daß wir — namentlich bei Eingeborenen-Kulturen — das Zeugnis der Eingeborenen entbehren könnten.

---

[1] So hatte z. B. nach den amtlichen Berichten der Bezirk Lindi, eine „Kornkammer" für den Süden Ostafrikas, von 1893 bis zum Auftreten der Dürreperioden und der Blattlausplage nur zwei wirklich gute Hirseernten zu verzeichnen gehabt (1898 und 1899), ohne daß die Ursachen ins Auge gefallen wären. (Berichte über Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika, Heidelberg [Winter] Bd. I, 102.)

Vor allem sind wir von einer Klimatologie der tropischen Pilzkrankheiten noch weit entfernt.

Der scharfen Beobachtung der afrikanischen Naturvölker ist es nicht entgangen, daß die einzelnen Hirsekrankheiten den Schwankungen der Witterung unterliegen und speziell bei den Brandkrankheiten — um den verlorenen Faden wieder aufzunehmen — hat sie die Erfahrung gelehrt, daß nasse Witterung die Ausdehnung der Krankheit beeinträchtigt.[1] Diese, unseren heimischen Verhältnissen nicht entsprechende Tatsache aus der Biologie der betreffenden Brandpilze zu erklären dürfte einigermaßen schwer fallen, da wir uns über das Leben dieser Pilze außerhalb der Nährpflanzen doch erst ungenügende Vorstellungen machen können. Wir werden deshalb auf die Beobachtungen über den Krankheitsverlauf in einem feuchten Klima zurückgreifen müssen.

Meine Untersuchungen in Buitenzorg haben gezeigt, daß unter dem Einflusse dauernder Nässe sich in den vom Brande ergriffenen Geweben der *Sorghum*-Pflanze andere Organismen — „Gelegenheitsparasiten" — ansiedeln, welche die Brandpilze überwuchern, zu weitgehender Desorganisation der erkrankten Gewebe führen und damit die regelrechte Ausbildung der Brandkörper, vermutlich sogar das Ausreifen der Sporen verhindern.[2]

Wenn nun auch „nasse" Jahre in Ostafrika hinsichtlich der Höhe der Regenmengen nicht im entferntesten an die normalen Niederschlagsmengen in Buitenzorg heranreichen, so halte ich es doch für sehr wohl möglich, daß auch dort im Gefolge der Brandinfektion durch fakultative Parasiten aus den Reihen der Bakterien und Pilze Fäulnisprozesse hervorgerufen werden können, die den Verlauf der Brandinfektion einem anderen Ende zuführen, die Entwicklung von Brandkörpern verhindern. Also nur der endliche, äußere Effekt der Erkrankung würde durch nasse Witterung beeinträchtigt werden, nicht aber die primäre Infektion. Dieser kann im Gegenteil eine feuchte Witterung nur förderlich sein. Die Infektion der jungen Keimlinge muß zugleich mit deren Entwicklung bei den ersten Regengüssen in der Bestellzeit vor sich gehen, wenn die der Saat beigemengten oder vom Vorjahre her etwa im Boden vorhandenen Brandsporen zum Auskeimen gelangen.

Wie ich im Hinblick auf Brefelds bekannte Anschauung über die Bedeutung des Düngers für die Verbreitung von Brandkrankheiten[3] beiläufig bemerken will, kommt dieses Moment für ostafrikanische Kulturen nicht in Betracht, weil Düngung der Getreidefelder dort zu Lande niemals stattfindet.

Ebensowenig darf in jenen Gebieten im Humusgehalt des Bodens eine Quelle vermehrter Infektionsgefahr gesucht werden.

Die Hirse wird vorzugsweise auf dem in Ostafrika so weit verbreiteten Rotlehm gebaut, einem — in der Literatur fälschlich meist als „Laterit" bezeichneten —

---

[1]) S. o. S. 382.

[2]) S. o. S. 387.

[3]) Vergl. a. v. Tubeuf, Arb. a. d. Biolog. Abteilung usw. Bd. II (1901) S. 276 ff.

eisenhaltigen Gneisverwitterungsprodukte mit wechselndem Sandgehalt. Nur in seltenen Ausnahmefällen, so im ersten Jahre nach der Rodung von Wald und Busch dürfte dieser Feldboden nennenswerte Mengen von Humus enthalten.

Ich erwähne das hier absichtlich, da Brefeld es für wahrscheinlich hält, daß sich die Brandsporen in humusreichem Boden in ähnlicher Weise entwickeln, wie im Dünger, daß sie nämlich auch auf solchem Substrat reichlich Konidien bilden, die sich durch Sprossung vermehren, um dann zur Verbreitung der Krankheit beizutragen. Überhaupt bliebe noch zu untersuchen, wie weit die Konidien der Einwirkung der intensiven tropischen Besonnung standhalten können; auch zur Höhe der Regenperiode gibt es an jedem Tage sonnige Stunden, in denen so zarte Gebilde der Austrocknung erliegen können. Schon aus diesem Grunde scheinen mir in den Tropen die natürlichen Verhältnisse für die Verbreitung der Brandkrankheiten durch Luftkonidien eher ungünstig zu liegen. Selbst in dem feuchten Klima Buitenzorgs war nicht ein einziger Fall des Übergreifens der Krankheit von der mit Brand infizierten Parzelle[1]) auf das benachbarte, durch einen kaum zwei Fuß breiten Zwischenraum getrennte Stück des *Sorghum*-Feldes nachzuweisen gewesen. Alle diese Erwägungen, sowie der oben beschriebene Fall der Einschleppung von *U. cruenta* mit der ägyptischen Saat weisen darauf hin, daß die Infektionsgefahr in erster Linie durch Beimischung der Sporen zum Saatgut gegeben ist.[2])

Soll die Bekämpfung der Brandkrankheiten in Afrika versucht werden, so wird sie an diesem Punkte einzusetzen haben.

An eine Beizung des Saatgutes ist schon aus dem Grunde nicht zu denken, weil der Neger, wenigstens in absehbarer Zeit, ein solches Bekämpfungsmittel sachgemäß anzuwenden nicht im stande sein wird. So bleibt nur das Radikalmittel des Verbrennens der brandigen Rispen bestehen, dessen Anwendung bei entsprechender Belehrung eher von den Eingeborenen zu erreichen wäre.

Je nach dem Maße der vorhandenen Intelligenz würde eine dahin gerichtete Belehrung bei einigen Stämmen früher, bei anderen später von Erfolg begleitet sein.

Die Vernichtung müßte möglichst vor vollendeter Reife der Brandkörper, also vor dem Verstäuben der Sporen erfolgen; die bei der ersten Auslese etwa übersehenen kranken Blütenstände könnten dann bei der Ernte ausgemerzt werden. Endlich wäre es wünschenswert, daß nicht nur die brandigen Infloreszenzen, sondern die ganzen Halme verbrannt würden, weil andernfalls nachträglich Seitensprosse austreiben können, die bereits den Keim der Krankheit in sich tragen und die dann an Stelle des einen vernichteten mehrere neue Brandherde entwickeln, wodurch das Übel nicht eingeschränkt, sondern vergrößert werden würde.

---

[1]) S. o. S. 386. Das Buitenzorger Versuchsfeld war übrigens vor der Bestellung mit Stallmist gedüngt worden!

[2]) Vergl. dazu das auf S. 387 Gesagte.

V. Sonstige Pilzkrankheiten.

Die Liste der bisher bekannt gewordenen Pilz-Parasiten der *Sorghum*-Hirse ist verhältnismäßig groß. Doch steht, wenn wir von Brand- und Rostpilzen absehen, in vielen Fällen noch der Nachweis aus, daß die betreffenden Parasiten der Pflanze einen nennenswerten Schaden zufügen.

Eine bis zum Jahre 1896 reichende Übersicht der *Sorghum*-Pilze gab P. Hennings.[1]) Außer Ustilagineen und Uredineen finden wir darin von Pyrenomyceten: *Leptosphaeria amphicola* Sacc., *L. sorghophila* Peck., *L. grisea* Pass. „meist an abgestorbenen Stengeln auftretend", ferner *Sphaerella Ceres* Sacc., auf Blättern rotumzonte Flecke hervorrufend, *Lophionema implexum* Ell. et Ev., in Nordamerika auf Blattscheiden und Adventivwurzeln, und *Humaria Pedrotti* Bres. auf Stengeln in Südtirol.

Von Sphaeropsidaceen treten mehrere Arten auf lebenden Blättern verschiedener *Sorghum*-Formen auf: *Phyllosticta sorghina* Sacc., in Süd-Europa und Afrika verbreitet, ruft kleine blutrotumsäumte Flecken hervor, *Ascochyta Sorghi* Sacc. erzeugt gleichfalls blasse, rotumsäumte Flecke, ähnlich *A. sorghina* Sacc., beide aus Italien bekannt; auf den Halmen: *Hendersonia eustoma* Sacc., *Didymosporium culmigenum* Sacc. und *Botryodiplodia Sorghi* P. Henn., letztere in Ostafrika gefunden, wo sie „schwarze, kräftige, tuberkulöse Überzüge" an *Sorghum*-Halmen verursacht.

Auf den Samen kommt nach Saccardo[2]) in Abyssinien noch *Phoma insidiosa* F. Tassi vor.

Von Hyphomyceten erwähnt Hennings: *Fusicladium Sorghi* Pass., *Cercospora Sorghi* Ell. et Ev., *Helminthosporium Cookei* Sacc., *H. turcicum* Pass., *H. Sorghi* Schwein., *Tubercularia pruinosa* Fautr. et Zamb. Bei ihnen — fügt Hennings hinzu — ist es zweifelhaft, ob sie lebenden Pflanzen zum Nachteil gereichen.

In Ostafrika und zwar im Gebiet von Usambara tritt nach einer neueren Mitteilung Zimmermanns[3]) von den letztgenannten Parasiten *Cercospora Sorghi* häufig auf, dunkelpurpurgefärbte Blattflecken in großer Menge auf den Blättern hervorrufend. Zimmermann scheint dem Pilz einige Bedeutung beizumessen.

An gleicher Stelle beschreibt Zimmermann noch eine neue *Colletothrichum*-Art aus Ostafrika: *C. Andropogonis* A. Zimm., über deren Schädlichkeit Erfahrungen noch ausstehen.

In einem soeben erschienenen Berichte des Gouvernementsbotanikers Barber[4]) in Madras endlich werden außer Brand und Rost eine Chytridiacee und zwei *Colletotrichum*-Arten, deren eine *C. falcatum* sein soll, erwähnt.

---

[1]) Not. Blatt Bot. Gart. Mus. Berlin I (1896) S. 118 ff.

[2]) Sylloge XIV, No. 3399

[3]) Ber. über Land- und Forstwirtschaft in Deutschostafrika Bd. II (1904) S. 12 ff.

[4]) Diseases of *Andropogon Sorghum* in the Madras Presidency (Dept. of Land Records and Agriculture, Madras. Bd. II, Bull. No. 49, 1904).

I. Obligate Parasiten.

Von obligaten Parasiten habe ich außer der gleich zu besprechenden *Puccinia purpurea* Cooke in Buitenzorg eine *Dothideacee* beobachtet,[1] die zum Schlusse meines dortigen Aufenthaltes sich ziemlich zahlreich auf den Pflanzen meines Versuchsfeldes wie auch auf einem benachbarten Stücke mit javanischer Hirse einfand. Der Pilz bildet auf der Ober- und Unterseite der Blätter schwarze, erhabene scharf umgrenzte Flecke ohne rote Umsäumung. Die nähere Bestimmung des Parasiten ist leider nicht ausführbar, da er ausschließlich in unreifen Stadien gesammelt wurde. Eine sichtbare Schädigung der befallenen Pflanzen war nicht nachweisbar.

Puccinia purpurea Cooke.

Cooke in Grevillea V, 15; *P. Sorghi* Barcl. (non Schwein.!) in Journ. of Bot. XXVIII, 257; *P. Penniseti* Barcl. in Journ. Asiat. Soc. Bengal LX, 214, pro parte; *P. Penniseti* Barcl. in Watt, Agricult. Ledger 1895, No. 20 (Calcutta 1896), pro parte; *P. purpurea* Cooke in W. Busse, Ber. Deutsch. Botan. Ges. 1902 S. 283 ff. t. XIV und A. Zimmermann, Ber. über Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika Bd. II (1904) S 15.[2])

Da ich diesen Pilz früher in einer besonderen Mitteilung (a. a. O.) ausführlicher behandelt habe, bleibt mir nur weniges zur Ergänzung zu sagen übrig.

Außer den bereits von mir mitgeteilten Fundorten in Deutsch-Ostafrika ist noch der Versuchsgarten des Biolog. Landwirtsch. Instituts Amani in Ostusambara (Zimmermann a. a. O.) zu nennen. Außerdem sammelte ich den Pilz neuerdings in Buitenzorg (auf javanischem *Sorghum*; No. 1907, Februar 1903) und in Südarabien in der Oase von Lahedj (No. 2137a, im März 1903).

Eine *Aecidium*-Form des Pilzes ist bisher nicht bekannt geworden.

Ich möchte nicht unterlassen, hier noch einmal darauf hinzuweisen, daß die Biologie des *Sorghum*-Rostes, wie der tropischen Uredineen überhaupt, ein vielleicht schwieriges, aber jedenfalls dankbares Studienobjekt abgeben würde, da wir hier einer ganzen Reihe offener Fragen gegenüberstehen. Besonders erwünscht wäre es die Art der „Überwinterung" der Teleutosporen kennen zu lernen, die sich unter ganz anderen äußeren Bedingungen vollzieht, als bei den Rostpilzen gemäßigter Zonen. Aber nicht nur dieser generelle Gegensatz zwischen den Klimaten verschiedener Breiten kommt in Frage: innerhalb der Tropenzone selbst hat sich eine und dieselbe Uredinee, wie hier *Puccinia purpurea*, den verschiedenartigsten klimatischen Verhältnissen anpassen müssen. Man bedenke die ungeheuren Differenzen zwischen dem Klima Buitenzorgs und dem der südarabischen Wüste!

Watt (a. a. O.) nimmt an, daß die auf den Resten der infizierten *Sorghum*-Pflanzen überwinternden Teleutosporen im nächsten Jahre oder in der nächsten Saatperiode auf den jungen Pflanzen auskeimen, um dann zunächst *Uredo*-Lager zu er-

[1]) No. 1914 u. 1922 meines Herbars.

[2]) An dieser Stelle hat übrigens Zimmermann den bereits vergebenen Namen *P. Penniseti* einer von ihm beschriebenen neuen Art beigelegt.

zeugen. Ist diese Vermutung zutreffend, so würde damit die beschränkte Verbreitung des Pilzes in Ostafrika zum Teil erklärt werden können. Denn durch die von den Negern geübte Methode der periodischen Grasbrände, die auch über die Stoppeln der Getreidefelder hinweggehen, müßte die Hauptmasse aller Teleutosporen vernichtet werden, zumal beim Erntegeschäft alle Stengel, soweit man sie nicht für Palisadenzäune oder sonstige bauliche Zwecke verwenden will, auf den Feldern zurückgelassen werden.

Wie ich an anderen Stellen wiederholt betont habe, ist dem Rost vorläufig keine verhängnisvolle Bedeutung für den ostafrikanischen *Sorghum*-Bau beizumessen; immerhin wird man nicht vergessen dürfen, daß die Krankheit in Vorderindien bereits einen ungleich bösartigeren Charakter angenommen und große Schädigungen der Getreidekultur zur Folge gehabt hat. (Vgl. Watt a. a. O.)

Für die Bekämpfung der Krankheit ist die von Watt in Ostindien gemachte Beobachtung wertvoll, daß die einzelnen Kulturvarietäten der Hirse eine verschiedengradige Empfänglichkeit für den Rost besitzen. Und zwar sollen — wie man auch an australischem Weizen beobachtet haben will — diejenigen Formen eine bemerkenswerte Immunität zeigen, die einen reichlichen Wachsüberzug an den oberirdischen vegetativen Organen produzieren.

Diese Frage wäre gegebenen Falles experimentell zu prüfen.

Das sicherste Bekämpfungsmittel wird vorläufig die Verbrennung aller Reste der Blätter und Stengel erkrankter Pflanzen bleiben. Watt macht übrigens darauf aufmerksam — und das ist im Hinblick auf die neueren Untersuchungen über die Anpassungsfähigkeit einheimischer Rostpilze von besonderem Interesse — daß *Puccinia purpurea* auch die Mehrzahl der wilden Gräser auf den Feldern und Steppen Indiens bewohne. Er verlangt deshalb die Beseitigung aller etwa befallener Gramineen von den Feldern vor Aufgehen der *Sorghum*-Saat. Ganz abgesehen davon, daß eine solche Maßregel bei Negerkulturen einfach undurchführbar ist, würde sie sich überhaupt niemals in ausreichendem Maße befolgen lassen, weil die Mehrzahl der wilden Gräser zu gleicher Zeit über der Erde erscheint, wie die ausgesäte Hirse.

Über den Einfluß des Klimas auf den *Sorghum*-Rost ist Näheres noch nicht bekannt geworden. Die Krankheit hat sich zwar, wie oben erwähnt wurde, den verschiedenartigsten Tropenklimaten angepaßt, jedoch scheint es mir nach meinen Beobachtungen in Arabien, als ob ihre Ausbreitung durch abnorme Trockenheit begünstigt werde.

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß auf den von *Puccinia purpurea* befallenen Stellen der *Sorghum*-Blätter sich wiederholt noch andere Pilze sekundär ansiedeln. So hat unlängst Zimmermann[1]) in Amani auf den Sporenpolstern des Rostes eine neue *Darluca*-Art (*D. Sorghi* A. Zimm.) gefunden, und auf dem von mir in Buitenzorg gesammelten Material beobachtete ich eine wohl zur

[1]) A. a. O. S. 15

Gattung *Diplodina* gehörige Sphaerioidacee (No. 1907 meines Herbars), deren kugelige Pykniden sich bisweilen in solcher Zahl in den *Puccinia*-Lagern ausbilden, daß der Rostpilz fast unterdrückt wird.

Endlich sind noch verschiedene *Cladosporium*- (resp. *Macrosporium*-) Arten zu erwähnen, die ich sowohl in Buitenzorg wie in Arabien als Ansiedler auf den Soris von *Puccinia purpurea* beobachtete.

Zwei weitere, aus der Literatur bekannte Rostpilze *Puccinia Sorghi* Schwein. und *Uredo Sorghi* Fuck. habe ich niemals angetroffen. Beschreibungen dieser Pilze finden sich u. a. in der oben zitierten Mitteilung von P. Hennings über die Pilzparasiten der *Sorghum*-Hirse.

2. Gelegenheits-Parasiten.

a) Hefepilze

sind von Palmeri und Comes[1]) und von Radais[2]) nachgewiesen worden.

Erstere fanden bei Castellamare in den stark geröteten Stengeln von Zuckerhirse neben Bakterien große Mengen von Hefezellen, wahrscheinlich *Saccharomyces ellipsoideus*. In den zur Zuckergewinnung geschnittenen und angehäuften Hirsestengeln trat starke Selbsterhitzung, verbunden mit alkoholischer Gärung und nachfolgender Essiggärung ein. Durch Destillation des Materials wurde Alkohol gewonnen.

Da sich die gleichen Organismen auch zwischen Blattscheide und Stengel zu „Myriaden" fanden, hielten die Verfasser es für möglich, daß die Hefen und Bakterien durch die Spaltöffnungen und durch „eventuelle Verletzungen" in die Blätter gelangen und von dort in die Gewebe der Stengel übergehen könnten. Für Bakterien kann diese Vermutung nach unseren Untersuchungen durchaus zutreffen, für Hefen dagegen erscheint sie — schon der Größe der Zellen wegen — nicht annehmbar. Vielmehr glaube ich, daß, wo auch immer sich Hefepilze im Inneren der *Sorghum*-Stengel nachweisen lassen, sie durch größere Verletzungen des Stengels selbst eingewandert sind. Vermutlich hätten die genannten Forscher bei näherer Untersuchung der betreffenden *Sorghum*-Pflanzen auch derartige, durch Raupen oder Käfer geschaffene Eintrittspforten gefunden. Daß Hefepilze im Mark der Zuckerhirse[3]) einen sehr günstigen Boden finden, liegt auf der Hand.

Radais (a. a. O.) untersuchte *Sorghum*-Pflanzen aus Algier, die sich ebenfalls durch stark gerötetes Mark auszeichneten.

Bei mikroskopischer Untersuchung wurden in einigen Gegenden des zentralen

---

[1]) Rendiconto dell'Accademia delle Scienze fisiche e matematiche di Napoli. XXII (1883) S. 210 ff.

[2]) Botanical Gazette XXVIII (1899) S. 65 ff.

[3]) Unter „Zuckerhirse" versteht man heute nicht mehr eine einzige Art, Unterart oder Varietät, sondern sämtliche, zum Zweck der Zuckergewinnung angebaute Kulturformen von *Andropogon Sorghum* (L.) Brot., in deren Mark größere Mengen von Zucker gespeichert werden.

Markparenchyms in den Zellen und den Intercellularräumen Massen einer kleinen eiförmigen Hefe von 1,5 : 2,5 μ Größe gefunden; sonstige Mikroorganismen ließen sich auch mit den besten optischen Hilfsmitteln nicht nachweisen.

Die Reinkultur dieser Hefe gelang leicht; in Traubenmost und anderen zuckerhaltigen Nährmedien erzeugte der Pilz eine schwache alkoholische Gärung.

An Wurmhauspflanzen führte Radais dann unter allen Vorsichtsmaßregeln mit feinen Injektionsnadeln Infektionen der Stengel mit seinem Hefematerial aus. Wie die spätere Prüfung ergab, hatte sich die Hefe im Umkreise von 10—15 mm von der Impfstelle aus im Gewebe verbreitet und zwar wurde der Pilz sowohl im Innern der Zellen, als auch im Intercellularsystem gefunden.

Auf die Frage der Einwanderung der Hefe in die als Ausgangsmaterial benutzten algerischen Pflanzen geht Radais nicht ein.

Einige Beobachtungen, die ich in Buitenzorg und Ostafrika machte, mögen Licht auf diesen Vorgang werfen.

In dem zwischen Blattscheide und Stengel angesammelten Honigtau von Aphiden fand ich in Buitenzorg regelmäßig Hefezellen, die zwar anfänglich lebhafte Sprossung zeigten, dann aber stets von Bakterien überwuchert wurden.

Da Verwundungen der Stengel durch „Bohrer" oder andere Insekten niemals vorkamen, war den Hefen keine Gelegenheit geboten, in das Mark einzudringen.

Dagegen trat mir bei Untersuchung der von Bohrer-Raupen (*Busseola sorghicida*[1]) befallenen *Sorghum*-Pflanzen in Ostafrika bisweilen ein deutlicher alkoholisch-aromatischer Geruch entgegen, der den aufgespaltenen Stengeln entströmte. Es ergab sich, daß das stark gerötete Markgewebe der angebohrten Internodien in solchen Fällen mehr oder weniger reichlich von Hefen (wie auch Bakterien) durchsetzt war, die bei hinreichender Feuchtigkeit, d. h. nur in jüngeren frischen Stengeln, eine lebhafte Gärtätigkeit entfalteten, bis ihnen durch fortschreitende Vernichtung des Markes von seiten der Bohrer ein Ziel gesetzt wurde.[2])

Wir haben es also auch bei den Hefen nur mit „Gelegenheitsparasiten" zu tun, und zwar solchen, deren Eintritt in das Innere des Pflanzenkörpers an gröbere Verletzungen des Stengels gebunden ist. Die Pilze sind bei ihrer parasitären Tätigkeit auf den im Mark der Stengel angehäuften Reservezucker angewiesen und sie werden nur dann einwandern können, wenn eine Durchbohrung der festen holzigen Stengelrinde vorausgegangen ist. Ihr Auftreten im Mark ist also an die Wirksamkeit gewisser Insekten geknüpft und ist auch dann keineswegs eine regelmäßige Folgeerscheinung, sondern wird stets zu den durch örtliche und zeitliche Verhältnisse bedingten Ausnahmen zu rechnen sein.

[1]) S. Abschnitt B, I, 2 dieser Arbeit.

[2]) Auf analoge Vorgänge mag auch die von Zehntner erwähnte Erscheinung zurückzuführen sein, daß Zuckerrohr einen „eigenartigen sauren Fruchtgeruch" verbreitete, nachdem die Stöcke vom „Rietschorskever" (*Xyleborus perforans* Woll.) angebohrt waren (Archief voor de Java-Suikerindustrie 1900, S. 509).

b) Fusarium-Arten.

Wie bereits in früheren Abschnitten wiederholt erwähnt wurde, siedelten sich in Buitenzorg unter gleichzeitigem Einflusse von Nässe und Honigtau reichlich *Fusarium*-Pilze auf den Hirsepflanzen an.

In keinem Falle habe ich Beweise dafür erhalten, daß diese Pilze als primäre Parasiten in die von ihnen besetzten Gewebe eingedrungen wären. Sie machten sich vielmehr nur dort bemerkbar, wo entweder Insekten die Pflanze verwundet hatten, so namentlich auf der Innenseite der Blattscheiden, oder wo bereits Infektionen von Pilzen oder Bakterien vorlagen.

Die Tätigkeit des *Fusarium* trug dann meist dazu bei, die Wunden zu erweitern und die Infektionen zu komplizieren.

Zunächst stellten sich *Fusarium*-Arten sehr häufig, sogar in fast allen Fällen ein, wenn die Hirsepflanzen des Buitenzorger Versuchsfeldes von Aphiden befallen waren, deren Ausscheidungen dem Pilz schon ein anscheinend sehr geeignetes Nährsubstrat lieferten. Das Mycel verbreitete sich in dem vom Honigtau erfüllten Raum zwischen Stengel und Scheiden und vegetierte hier unter reichlicher Konidienbildung. Weniger sagte dem *Fusarium* das zuckerfreie Cikadensekret zu, in welchem sie sich nur mäßig entwickelten.


Fig. 12.

Das Gewebe der Scheiden wie der Spreiten bot dann den Pilzen zahlreiche Angriffstellen in den von den Rhynchoten erzeugten Stichwunden dar, die häufig — namentlich an jungen Blättern — derart erweitert wurden, daß der „Gipfelschwund“ zum großen Teile der *Fusarium*-Fäule auf Rechnung gesetzt werden mußte. Daß Bakterien in solchen Fäulnisherden selten fehlten, bedarf kaum der Erwähnung.

Die Wirkungen der *Fusarium*-Fäule auf die jugendlichen Blätter waren am besten in den Fällen nachzuweisen, wo erst wenige Aphiden sich angesiedelt hatten und trotzdem die Blattanlagen des Gipfels dem Absterben nahe waren. Die Blätter kräuselten sich, ihre Spitzen schrumpften zusammen und vertrockneten unter zunehmender Rotfärbung.

Die nebenstehende Fig. 12 zeigte eine jugendliche Blattanlage mit zwei tiefgehenden Korrosionen (die Schattierung zeigt die Intensität der Rotfärbung an). Das abgestorbene Gewebe war dicht durchsetzt von *Fusarium*-Mycel, das an der Peripherie der entstandenen Lücken reichlich Konidienträger und Konidien gebildet hatte und stellenweise von Bakterien begleitet war. Aber nicht nur die abgestorbenen Gewebe werden von dem Pilze ergriffen; er wuchert auch tiefer hinein, durchdringt z. B. die Leptom-Elemente, und befördert andrerseits durch allmähliche Abtötung der Epidermiszellen eine allseitige Ausbreitung des Fäulnisprozesses.

Ähnlich spielt sich der Vorgang an älteren Blattscheiden ab, wo ebenfalls Aphiden- und Cikadenstiche als Eingangspforten dienen und wo dann durch Hinzutreten des Pilzes zur Bakterieninvasion die Zersetzung erweitert und kompliziert wird. Waren derartige Eintrittspforten nicht oder nur in geringer Zahl vorhanden,

so beschränkte sich die *Fusarium*-Vegetation auf die Oberfläche der Scheideninnenseite, bei reichlichem Vorhandensein von Honigtau die letztere vollständig überziehend. Niemals habe ich eine primäre Invasion des *Fusarium*-Mycels in die Epidermis nachweisen können!

Besonderes Interesse gewährten diejenigen Fälle, in denen *Fusarium* im Gefolge von Branderkrankung auftrat. Weniger waren es die auf S. 72 f. beschriebenen Erweiterungen von Brandwucherungen in der Stengelrinde und der Scheide am Grunde von Seitensprossen (Vergl. Taf. V, Fig. 19 u. 21), als die Ansiedlung des Pilzes in brandigen Inflorescenzen.

Wenn ich von den zahlreichen, an *Ustilago cruenta* erkrankten Pflanzen auf meinem Versuchsfelde in Buitenzorg nicht einen einzigen ausgereiften normalen Brandkörper erhielt, so war nächst der für die Entwicklung des Brandes schädlichen Nässe in erster Linie eine *Fusarium*-Art[1]) daran schuld, die ausnahmslos alle brandigen Blüten befiel und den Brandpilz vollkommen überwucherte.

Dieser Antagonismus machte sich öfters bereits im jugendlichsten Stadium der brandigen Inflorenscenzen bemerkbar, wo eine durch *Fusarium* und Bakterien gemeinsam erzeugte Naßfäule zu völliger Zersetzung der jungen Anlagen führte. Das ganze Meristem ist in Zerfall begriffen, zwischen den Gewebefetzen wuchert ein dichtverzweigtes Mycel, in überreicher Menge die sichelförmigen Makrokonidien abschnürend. Daneben fördern Bakterien die Zersetzung.

Bisweilen wird das weiche Mark der angrenzenden Internodien in Mitleidenschaft gezogen, nachdem die trennenden, ebenfalls noch aus weichem Gewebe bestehenden Knoten von Mycel durchsetzt und der Zusammenhang zwischen den einzelnen Zellen gelockert oder völlig aufgehoben ist.

Wie auf S. 348 bereits bemerkt wurde, trat in Buitenzorg in den Meristemen des Sproßgipfels auch eine kombinierte *Fusarium*- und Bakterienfäule auf, ohne daß Brandinfektion vorhergegangen war. Stets war in solchen Fällen der Gipfel von Aphiden oder Cikaden stark mitgenommen gewesen, und die Fäulnis war von den vorher zerstörten oder wenigstens angegriffenen jungen Blattorganen auf den Vegetationskegel übergegangen.

Überhaupt muß in allen Fällen — auch bei brandigen Blütenanlagen — eine Durchbrechung der von den jungen Blättern gebildeten dichten schützenden Hülle der *Fusarium*-Infektion der Meristeme vorausgehen, möge sie nun durch Insektenfraß oder durch eine von Bakterien oder vom *Fusarium* selbst ausgehende Erweiterung der Rhynchotenstiche bewerkstelligt werden. Denn wie wir bereits bei Besprechung der Brandkrankheiten hervorhoben, ist der jugendliche Sproßgipfel gegen Pilzinfektionen von außen durch eben jene Schutzhülle wohl verwahrt.

Nach Durchbrechung dieser Hülle treten die Aphiden- oder Cikadensekrete in unmittelbare Berührung mit dem Vegetationskegel und führen ihm ihre mehr oder weniger reiche Saprophytenflora zu, von deren Komponenten *Fusarium* und verschiedene Bakterien dank der durch die dauernde Nässe herabgesetzten Widerstandsfähigkeit der Meristeme Gelegenheit zu parasitärer Tätigkeit finden.

[1]) Aus äußeren Gründen kann ich auf die Beschreibung dieser Pilze hier nicht eingehen.

Auch hier, bei der Gipfelfäule, machte sich der Unterschied zwischen den von Aphiden und den von Cikaden befallenen Pflanzen geltend. Während der Honigtau das Gedeihen der Pilze und Bakterien sichtlich förderte und damit den Zersetzungsprozeß beschleunigte, ging dieser bei alleiniger Anwesenheit von Cikadensekret langsamer von statten, und nach erfolgter Zerstörung der Gewebe trat ein deutlicher Hungerzustand am *Fusarium*-Mycel ein. Die Hyphen zeigen die Bildung von Öltropfen, wie man sie auch in künstlicher Kultur bei Erschöpfung der Nährstoffe beobachtet, die Konidienbildung geht nur spärlich vor sich und in einem Falle ließ sich sogar Chlamydosporen-Bildung in einem solchen Fäulnisherde nachweisen.

Auch Bakterien waren, wie schon früher hervorgehoben, im Cikadensekret ungleich weniger zahlreich vorhanden, als im Honigtau.

Wie *Fusarium* auf den brandigen Pflanzen in Buitenzorg dem Brandpilz auf allen erreichbaren Wegen folgte, so bemächtigte es sich auch der nach Entfaltung der obersten Blätter frei gelegten, vom Brand infizierten Blüten. Auf diese Weise kam es in den brandigen Ovarien niemals zur Entwicklung normaler Brandkörper, sondern der Brandpilz wurde vom *Fusarium* überwuchert und die betreffenden Herde faulten vollständig aus. Die vorhandenen, meist unreifen Brandsporen waren von einem zarten weiß oder rosa gefärbten Flaum von *Fusarium*-Mycel bedeckt, das hier bei ungehindertem Luftzutritt Unmengen von Makrokonidien abschnürte.

Infolge der dauernden Nässe wurden auch benachbarte, vom Brandpilz nicht infizierte Früchte von *Fusarium* befallen; die Früchte waren aufgeplatzt, „gerissen", wie es auch bei uns in feuchten Perioden, z. B. bei Maiskörnern beobachtet wird, und ihr grauweißer Inhalt bestand lediglich aus isolierten Stärkekörnern, durchsetzt vom Mycel und zahlreichen *Fusarium*-Konidien. Die Zellwände waren vollständig resorbiert worden.[1])

Alle Beobachtungen über das Auftreten und die Tätigkeit der *Fusarium*-Arten auf der Hirse lassen übereinstimmend erkennen, daß wir es hier mit typischen „Gelegenheits-Parasiten" zu tun haben, die sich unter den für sie überaus günstigen Witterungsverhältnissen und auf den ihn zusagenden Substraten in besonderer Üppigkeit entfalteten.[2]) Das Buitenzorger Klima wirkt auf derartige Organismen — namentlich zur Regenzeit — wie eine „feuchte Kammer". Dazu kommt noch der von uns wiederholt gewürdigte Umstand, daß die afrikanischen Hirsevarietäten dort unter ihnen sehr wenig zusagenden äußeren Bedingungen gezogen wurden und endlich, daß die Pflanzen von verschiedenen Parasiten tierischer und pflanzlicher Art vorher und gleichzeitig befallen und geschwächt wurden.

Ob und in wie weit die an das feuchte Klima Westjavas angepaßten javanischen Kulturformen der Hirse sich der *Fusarium*-Infektionen zu erwehren vermögen, entzieht sich meiner Beurteilung.

In Ostafrika habe ich *Fusarium*-Arten nur sehr selten auf der Hirsepflanze

---

[1]) Vgl. dazu Wehmer in Centralbl. f. Bakteriol. 2. Abt., III, (1897) S. 735. (*Fusarium Solani* Sacc.)
[2]) Vgl. Frank über *Fusarium heterosporum* Nees in „Krankheiten d. Pflanzen" II, S. 357.

angetroffen und dann niemals in solcher Entwicklung, daß sich aus dem Vorhandensein der Pilze ein Schaden für die Pflanze hätte nachweisen lassen.

Immerhin halte ich es für möglich, daß auch in den afrikanischen Ländern der Hirsekultur in abnorm feuchten Jahren eine *Fusarium*-Fäule im Gefolge anderer Krankheiten, z. B. bei Brandinfektionen zu stande kommen kann.

B. Erkrankungen der Achsen.

I. Die Stengelbohrer.

Wie das Zuckerrohr und der Mais, so wird auch die *Sorghum*-Hirse von sogenannten „Bohrern" heimgesucht, d. h. von Schmetterlingen, deren Raupen im Innern der Stengel leben, durch Aufzehrung des Markes mehr oder weniger ausgedehnte Höhlungen schaffen und sich endlich in diesem Gehäuse verpuppen. Über Verlauf und Bedeutung derartiger Schädigungen wird unten ausführlicher zu sprechen sein; hier sei nur vorausgeschickt, daß die Bohrer auch in der *Sorghum*-Kultur bisweilen zu einer verhängnisvollen und sehr beachtenswerten Plage werden können.

Bisher sind zwei in den *Sorghum*-Stengeln lebende Bohrer bekannt geworden: *Sesamia nonagrioïdes* Lef. und *Busseola sorghicida* Thurau.

1. Sesamia nonagrioides Lef. (Sesamia Sacchari Woll.).

Im Winter 1901 übersandte mir Herr Geh. Rat Stuhlmann einen zu den Noctuiden gehörigen Schmetterling, dessen Raupe im Lindi-Bezirk die *Sorghum*-Stengel angebohrt hatte.

Herr Prof. Dr. Karsch hierselbst hatte die Freundlichkeit, das Insekt zu bestimmen und fand in ihm eine als Zuckerrohrschädling bereits seit längerer Zeit bekannte Eule wieder: *Sesamia nonagrioides* Lef.

Dieses bereits im Jahre 1827 von Lefèvre beschriebene Insekt (Taf. VI, Fig. 8) lebt nach Bordage[1]) vorwiegend auf Zuckerrohr, findet sich aber auch reichlich auf Mais und verschiedenen wilden Gräsern, namentlich auf *Panicum javanicum*. Auf Mais wurde *Sesamia* in Südfrankreich und Spanien gefunden; im Jahre 1857 entdeckte Eversmann den Bohrer in Algier auch auf *Sorghum*.[2]) In Algier sollen neuerdings im Zuckerrohr und Mais ernstliche Verwüstungen durch *Sesamia* angerichtet worden sein. Eine Varietät dieser Art, var. *albiciliata* Snellen wurde auf den Maskarenen,[3]) auf Madagaskar, Celebes und Java gefunden.

---

[1]) Bordage, Sur deux Lépidoptères nuisibles à la canne à sucre aux îles Mascareignes. (Compt. rend. CXXV (1897) S. 1109ff.

[2]) Nach Bordage; eine speziellere Mitteilung über diesen Fall des Vorkommens ist mir nicht bekannt geworden.

[3]) Nach schriftlichen Mitteilungen von Bordage an Zehntuer (Archief voor de Java-Suikerindustrie 1899, 2 S. 1015f.) muß angenommen werden, daß der Parasit ca. 30 Jahre früher von Java nach den Maskarenen verschleppt worden ist, bevor er in Java selbst als Zuckerrohrschädling bekannt wurde. Diese eigentümliche Tatsache erklärt sich durch das verbreitete Vorkommen der *Sesamia* auf *Panicum javanicum*, dessen Einführung von Java nach Réunion als Futtermittel bei Pferdetransporten zu Ende der 50er Jahre vorigen Jahrhunderts mit dem Auftreten von *Sesamia* daselbst zusammenfällt.

Im übrigen ist der Schädling von Mittelitalien, den Canaren, Madeira und Westafrika bekannt geworden.

Besondere Beachtung hat man diesem Bohrer als Schädling des Zuckerrohrs auf Java geschenkt, und es ist das Verdienst Zehntners, unsere Kenntnisse über die Biologie der *Sesamia* bereichert und wiederholt auf die Notwendigkeit der Bekämpfung der Bohrer hingewiesen zu haben.[1])

Obwohl *Sesamia nonagrioides* bisher erst einmal in Ostafrika gefunden wurde, halte ich es doch für zweckmäßig, die wichtigsten Angaben Zehntners[1]) hier wiederzugeben, da man bei eingehenderer Beschäftigung mit den Hirseschädlingen Ostafrikas diesem Schmetterling vermutlich noch häufiger begegnen wird und es unter Umständen wertvoll sein kann, genauere Informationen über ihn zur Hand zu haben. Zudem sind die Originalmitteilungen Zehntners nicht allgemein zugänglich.

Die Eier haben die Form ziemlich dicker zylindrischer Scheiben, deren Seitenflächen deutlich gerippt sind; die Rippen verlaufen vertikal und setzen sich auf die Grundflächen fort. Die Farbe der Eier ist gelblichweiß, ihr Durchmesser beträgt 0,65, ihre Höhe 0,3—0,4 mm. Die eben ausgeschlüpften Raupen sind ungefähr 2 mm lang. Ihre Grundfarbe ist leicht rötlichgelb; Kopf, Halsschild, Afterklappe, Brustbeine sind schwarz. Mitten über dem Rücken, beginnend am dritten Thoracalsegment läuft ein fleischfarbiger Streifen hin. Die Körperringe sind deutlich behaart.

Die Raupen häuten sich erst dreimal in Zwischenräumen von ungefähr 4 Tagen; nach der ersten Häutung sind sie 3,5, nach der zweiten 8—10 und nach der dritten 12—20 mm lang. Über die weiteren Häutungen hat Z. nichts sicheres in Erfahrung gebracht; doch steht fest, daß die Raupen in der kurzen Zeit von 3 Wochen vollkommen ausgewachsen sind und dann eine Länge von 25—30 mm haben. Die Grundfarbe der Raupen ist gelblichweiß, der Rücken aber meist deutlich violettrötlich gefärbt (weshalb Z. der *Sesamia* den vorläufigen Namen „Paarsroode Boorder" zulegte). Diese charakteristische Färbung tritt bisweilen nur sehr schwach hervor und in Alkohol verändert sie sich allmählich in gelb. Die Luftlöcher sind verhältnismäßig groß und von schwarzer Farbe; der Kopf ist gelbbraun, die Gabellinie gelblichweiß, Halsschild und Afterklappe hellbernsteinfarben. Die Puppe ist dunkelgelbbraun, der Hinterrand der Hinterleibsringe rotbraun; Länge der ♂ Puppe 15—17, der ♀ 18—20 mm. Der Körper des ausgewachsenen Tieres (vergl. Taf. VI, Fig. 8), Beine, Taster und Fühler sind graugelb, Hinterleib mit schwachem Silberglanz. Die Vorderflügel haben eine hellstrohgelbe Grundfarbe, zwischen den Adern sind sie, namentlich nach den Enden zu mehr oder weniger rotbraun und diese Färbung setzt sich meist in der Form eines langgezogenen sehr spitzen Dreiecks längs der Meridianader nach der Basis hin fort. Mit der Lupe erkennt man, daß die Vorderflügel mit mäßig zahlreichen dunkelbraunen Schuppen besät sind. Der Außenrand der Vorderflügel ist abwechselnd dunkelbraun und lichtgelb gefärbt; die Unterseite ist fast gleichmäßig graugelb, längs des Vorderrandes hellgelb. Fransen an der Basis weiß, an der Spitze etwas graubraun. Hinterflügel schmutzigweiß mit lichtbraunen Adern. Flügelspannung des ♂ 26 mm, des ♀ 32 mm; Körperlänge des ♂ 12 mm, des ♀ 15 mm.

Über die Entwicklung des Tieres teilt Zehntner mit, daß der Eizustand 5—6, der Raupenzustand 20—22 Tage, der Puppenzustand bei den Männchen 9, bei den Weibchen 9—11 Tage dauert, somit die ganze Entwicklung sich in 34 bis 39 Tagen vollzieht.

Die Beschädigung am Zuckerrohr und Mais geht in der Weise vor sich, daß die eben ausgekrochenen Raupen zunächst kleine Löcher in die jungen noch eingerollten Blätter fressen, dann in oder zwischen die Scheiden eindringen und sich in der Querrichtung durchfressen, bis sie die innersten Teile, das Herz der

---

[1]) Im Archief voor de Java-Suiker-Industrie 1898 afl. No. 15 nebst zugehöriger Tafel. Vgl. auch W. Krüger (Das Zuckerrohr und seine Kultur) S. 380 ff.

Triebe erreicht haben. Dabei wird meist der Vegetationspunkt vernichtet. Die jungen Blattanlagen vertrocknen dann, wodurch sich die Anwesenheit des Bohrers verrät. Doch kommt es auch vor, daß die Raupen sich von der Innenseite der Blattscheiden aus direkt ihren Weg in die Stengel bahnen, um danach ihr Vernichtungswerk durch einen aufsteigenden Bohrgang fortzusetzen.

Beim Zuckerrohr fand Zehntner immer nur eine Raupe in einem Triebe, während man beim Mais meist 3—4 beieinander antrifft. Die Maisstengel werden dann bisweilen ganz und gar oder mit Auslassung einiger dünner Triebe abgefressen.

Zu diesen Angaben ist zu vermerken, daß sie auf Versuchen basieren, die Zehntner mit jungen selbstgezogenen Raupen ausführte, die Frage also noch offen bleibt, an welchem Teile der Pflanze die Tiere ihre Eier ablegen.

Zehntner beobachtete übrigens, daß sich die auf Zuckerrohr überführten Räupchen viel langsamer entwickelten, als die auf Mais ausgesetzten; von ersteren starben viele, nachdem sie ein wenig Nahrung zu sich genommen hatten. Dieses Verhalten, im Verein mit der Tatsache, daß *Sesamia nonagrioides* in Java bis dahin nur auf Mais gefunden wurde, legte Zehntner die Vermutung nahe, daß der Parasit eigentlich auf der Maispflanze zu Hause sei und „daß er sich noch nicht ganz an die neue Nahrung, das Zuckerrohr, gewöhnt habe".

Betreffs der Verhältnisse in Ostafrika möchte ich dazu bemerken, daß ich trotz aufmerksamer Beobachtungen dort weder von Bohrern befallenen Mais bemerkt, noch überhaupt jemals eine irgendwie kranke Maispflanze gefunden habe.

Die Verpuppung der Raupen geht entweder (nach Anfertigung eines horizontalen Austrittsganges) im Bohrgange oder zwischen den Blättern des vertrockneten Blatttrichters vor sich, die vorher zu einer Art von Kokon zusammengesponnen werden.

Als Bekämpfungsmittel empfiehlt Zehntner beim Zuckerrohr Ausschneiden der befallenen Triebe, beim Mais Ausziehen und Vernichtung der infizierten Pflanzen.

Über die etwaige Bekämpfung in den Hirsefeldern läßt sich vorläufig nichts sagen, da wir noch nicht über die Art der Schädigung bei *Sorghum*, über das zeitliche Auftreten des Insekts und die Dauer seines Entwicklungsganges in Ostafrika unterrichtet sind.

Außer der anfangs erwähnten Einsendung Stuhlmanns liegt bis jetzt kein Beweis für die Verbreitung der *Sesamia* in Deutsch-Ostafrika vor. Doch berichtete im Dezember 1901 der Chef der Bezirksnebenstelle Saadani, Herr Wendt, an das Gouvernement in Daressalâm über das Auftreten eines Bohrers in den Hirsefeldern seines Bezirks. Der entwickelte Schmetterling wurde nicht erhalten, so daß dahin gestellt bleiben muß, ob dort *Sesamia* oder ein anderer Bohrer, etwa *Busseola*, vorlag. In einem neuen Berichte des Herrn Wendt vom August 1903 heißt es, die Raupen seien „gelblichweiß bis rosa" gefärbt, wonach es wahrscheinlicher wird, daß man es in Saadani mit *Sesamia* zu tun hat. Die Puppe ist kastanienbraun. Der Schädling wird dort von den Eingeborenen „sondo" genannt und die Neger sagten aus, daß er nur in nassen Jahren auftrete. Diese Angabe ist nicht wörtlich zu nehmen,

sondern sie soll nur ausdrücken, daß eine außergewöhnlich lange Regenperiode die Ausbreitung des Schädlings begünstige. Das Gleiche gilt übrigens — wie ich hier vorausschicken will — für den im folgenden zu besprechenden Schmetterling *Busseola sorghicida*.

Aus dem neueren Berichte Wendts ist noch als bemerkenswert zu erwähnen, daß die Raupen und Puppen des fraglichen Bohrers eine kleine schwarze Ameise zum Feinde zu haben scheinen; wenigstens wurde diese in den Bohrgängen in großer Zahl angetroffen und eine Puppe war anscheinend von den Ameisen ausgefressen.

2. Busseola sorghicida Thurau.

Den zweiten *Sorghum*-Bohrer entdeckte ich während meines letzten Aufenthaltes im Lindi-Bezirk (Mai und Juni 1903), wo er namentlich in den *Sorghum*-Beständen des Akidats Ilulu massenhaft auftrat und streckenweise arge Verwüstungen angerichtet hatte.[1])

Das reiche Material an Raupen, Puppen und ausgewachsenen Tieren, das ich von dort mitbrachte, zeigte Herrn Prof. Karsch, daß es sich um ein bisher noch unbekanntes Insekt handelte. Herr Thurau im hiesigen Zoologischen Museum hatte dann die Freundlichkeit, eine eingehende wissenschaftliche Beschreibung dieses Bohrers zu liefern;[2]) er nannte den Schmetterling *Busseola sorghicida* n. g. n. sp. (Fam. der Noctuiden, Unterfam. Acronyctinae). Alles Wesentliche der Beschreibung gebe ich im folgenden wieder:

„Das ganze Tier (Taf. VI, Fig. 9) ist mit einem gewissen Glanz versehen, der ihm ein fettiges Aussehen verleiht. Der Hinterleib ist — wie bei allen im Innern von Pflanzen lebenden Tieren — sehr leicht dem Öligwerden ausgesetzt, was sich öfters auch auf die Flügel überträgt. Die Vorderflügel sind mäßig lang, nach außen breiter, ihre Fransen leicht gewellt. Ring- und Nierenmakel meist deutlich, erstere länglich, letztere halbmondförmig, beide zuweilen leicht weiß begrenzt und fein schwarz umzogen. Der Raum zwischen beiden ist stets dunkel ausgefüllt. Zapfenmakel fehlt oder ist sehr undeutlich. Vor dem Saume befindet sich eine fast gerade oder leicht nach außen gebogene schmale, beiderseits dunkel beschattete Binde in Farbe des Grundtons, die sich nach der Spitze (vom Felde 6 an) und nach dem Innenrande zu allmählich verliert. Die Verlängerung dieser Binde würde nach vorn genau in die Spitze treffen, während sie nach dem Innenrande zu etwas schräg vom Saume sich entfernt. Nach innen gehen von dieser Binde kurze schwarze Pfeilstriche, die am deutlichsten in den Feldern 2—5 hervortreten und wovon die mittleren (in 3 und 4) am längsten sind. Kurz vor der Spitze befindet sich am Vorderrande ein sehr kleiner schwarzer Fleck und davor (ebenfalls am Vorderrande) ein schwärzlicher, nach vorn verlaufender Wisch. Die vordere und hintere Querlinie mehr oder weniger deutlich gezackt. Saumlinie schwarz, zwischen den Rippen immer zu einem kleinen Dreieck sich erweiternd. Fransen stets dunkler als die Flügelgrundfarbe. Der Grundton der Vorderflügel ist meistens ein helles Grau oder Braun mit mehr oder weniger deutlicher dunkler Bestäubung. Doch finden sich auch Exemplare vor, die fast einfarbig grauschwarz oder dunkelgrau sind mit hellem Saumteil zwischen der Saumbinde und der hintern Querlinie. Hinterflügel einfarbig grau, nach dem Saume hin schwach verdunkelt, zuweilen mit undeutlichem Mittelfleck. Saumlinie nur wenig dunkler. Fransen hellgrau.

Die Unterseite aller Flügel ist hellgrau, Vorderflügel bald mehr bald weniger dunkelgrau übertönt. Die Bogenlinie und der Mittelfleck treten hier bisweilen deutlich auf allen Flügeln hervor.

[1]) Vgl. meinen vorläufigen Bericht im „Tropenpflanzer" 1903 No. 11.

[2]) Berliner Entomolog. Zeitschr. **49** (1904) S. 55 ff.

Fühler bräunlich, Thorax schwarzgrau, Hinterleib grau oder bräunlich, je nach der Grundfärbung der Vorderflügel, Brust und Palpen dunkelgrau, Beine heller.

Flügelspannung des ♂: 29—33, des ♀: 36—37 mm.

Körperlänge des ♂: 15—16, des ♀: 18—19 mm."

Die Raupe (Taf. VI, Fig. 7) ist weißlich gefärbt; bisweilen nimmt die Färbung einen hellschmutziggrauen Ton an. „Wie alle im Innern von Pflanzen lebenden Raupen ist auch diejenige der *Busseola sorghicida* ziemlich schlank und langgestreckt. Ihre Oberfläche ist mit kleinen schwarzen Punktwärzchen besetzt, auf denen je ein kurzes, feines, weißes Härchen steht. Der Kopf, das Nackenund Afterschild sind bräunlich, die Luftlöcher schwarz." Die Länge der erwachsenen Raupe beträgt 4 cm und darüber, ihre Dicke bis 4 mm. „Die glänzend braune Puppe (Taf. VI, Fig. 10) ist gleich der Raupe sehr schlank und dünn, nach vorn etwas dicker werdend, 2 cm lang, am Kopfende nach dem Rücken zu schräg abgestutzt, mit etwas vorgestreckter Kopfspitze und in 2 kurze Spitzen endigendem Kremaster."

In der zweiten Hälfte des Mai, etwa drei Wochen vor Beginn der *Sorghum*-Ernte wurde ich zuerst auf das Insekt aufmerksam, als ich beim Ablösen der Blattscheiden zwischen diesen und den Stengeln reichlich Bohrmehl entdeckte und im Verein damit große Löcher in den Stengeln bemerkte. Die befallenen Pflanzen hatten sämtlich geblüht und Frucht angesetzt, die aber in vielen Fällen vor der Reife vertrocknet war (s. u.).

In den angebohrten Internodien (Taf. VI, Fig. 6 u. 7) — mit Ausnahme der untersten, ältesten Glieder — wurden regelmäßig Raupen gefunden. Die Raupen befanden sich in verschiedenen, aber immer in vorgeschritteneren Entwicklungsstadien, meist je eine Raupe in einem Internodium. Waren deren zwei vorhanden, so hatten sie, mit wenigen Ausnahmen, die gleiche Größe erreicht.

Meist zeigte jedes befallene Internodium ein Bohrloch, groß genug, um später dem ausgewachsenen Schmetterling den Austritt zu gestatten; einige Internodien besaßen eine ganze Reihe von kleinen stichförmigen Löchern. Waren in diese Glieder mehrere Tiere eingedrungen, so mußte der Überschuß in andere Internodien ausgewandert sein; daß eine solche Wanderung, eine Durchbohrung der Knoten stattfindet, kann man oft genug, auch an älteren Gliedern, beobachten.

Die Bohrgänge im Mark sind verschieden gestaltet und erreichen oft ansehnliche Ausdehnung; das Mark färbt sich im Bereich der Tätigkeit der Tiere feuerrot bis dunkelkarmoisin, das Bohrmehl und die anfangs gelblichen, bald durch den Zellsaft des Markes rot gefärbten Kotballen liegen entweder in den Höhlungen oder das Material wird hinausbefördert und häuft sich in dem Raum zwischen Stengel und Scheide an.

Lebende Raupen findet man auch noch in fast vertrockneten, an der vereinten Wirkung der Bohrer und des Windes zu Grunde gegangenen Pflanzen vor, doch wandern die Tiere aus den zunächst vertrocknenden Gliedern in angrenzende frischere Internodien aus, wenn die Zeit der Verpuppung noch nicht erreicht ist.

Nicht etwa wird fortlaufend jedes Internodium einer und derselben Pflanze befallen, sondern häufig wechseln gesunde und angebohrte Glieder miteinander ab, die Tiere wandern ganz unregelmäßig ein. Die obersten, längsten (und zartesten) Internodien waren meist völlig ausgehöhlt und die Höhlung erstreckte sich noch bis in die Fruchtstandspindel hinein.

Unter dem Einflusse der lang andauernden Regenperiode hatten sich häufig

Seitensprosse gebildet, die dann auch begierig von den Tieren aufgesucht wurden; in den ganz jungen Internodien dieser Sprosse war oftmals vom Marke nichts mehr übrig geblieben, die Glieder waren vollständig ausgehöhlt und fast der ganze Raum wurde von einer (ausgewachsenen) Raupe ausgefüllt oder diese war aus Nahrungsmangel in ein benachbartes Internodium übergegangen.

Die ersten Puppen wurden zu Anfang Juni, etwa eine Woche vor Beginn der *Sorghum*-Ernte gefunden.[1]) Wie die Eingeborenen in früheren Jahren beobachtet haben wollten, soll die Verpuppung immer erst beim Vertrocknen der Halme vor sich gehen.

Das Puppenstadium dauert nach meinen Beobachtungen nur kurze Zeit, etwa 8 Tage. Am 2. Juni hatte es noch schwer gehalten, eine Puppe zu finden, am 10ten waren bereits aus zahlreichen eingesammelten Puppen die Schmetterlinge ausgeschlüpft.

Da ich Eier niemals gefunden habe, ist es mir natürlich nicht möglich, über die Dauer des Raupenstadiums auch nur schätzungsweise eine Angabe zu machen. Ich glaube aber annehmen zu können, daß dieser Zustand länger andauert, als es (nach Zehntners Beobachtungen) bei *Sesamia nonagrioides* der Fall ist (s. o.). In einigen Fällen fand ich nämlich die Raupen auch in den untersten Internodien, die bereits seit Monaten eine dicke vollständig ausgebildete und stark verholzte Stengelrinde besessen haben mußten. Da alle sonstigen Beobachtungen darauf schließen ließen, daß die jungen Räupchen die zarteren, jüngeren Glieder mit noch weicher Rinde bevorzugen, da die Tiere in den vorliegenden Fällen auch nicht von benachbarten, höheren Internodien eingewandert sein konnten, so nehme ich an, daß die Raupen sich mehrere Monate in den betreffenden Stengelgliedern aufgehalten hatten.

Daß die *Sorghum*-Hirse während einer Vegetationsperiode von mehreren Generationen der *Busseola* befallen wird, wie das für *Sesamia nonagrioides* und die Maispflanze auf Madeira beobachtet sein soll,[2]) halte ich für vollkommen ausgeschlossen.

Die Tätigkeit von *Busseola sorghicida* scheint sich auf die Stengel zu beschränken: ich habe wenigstens nicht eine einzige von ihr befallene *Sorghum*-Pflanze gefunden, die nicht normale Blütenstände ausgebildet hätte. Der Grund für das Verschontbleiben der Sproßgipfel liegt wahrscheinlich darin, daß die Entwicklung der Raupen aus dem Ei in eine Zeit fällt, da die Blütenanlagen bereits zu weit entwickelt waren, um von einwandernden Räupchen noch begehrt zu werden. Wohl fand ich einige junge Seitensprosse mit kleineren Raupen, die den ganzen Blatttrichter horizontal durchfressen hatten, um in das Mark zu gelangen, und dabei auch die Meristeme des Vegetationspunktes zerstört hatten. Doch waren die betreffenden Raupen schon durch ihre Größe von denen der *Busseola* wesentlich unterschieden

[1]) Ich hatte bis dahin täglich durch einen zuverlässigen und intelligenten Diener die *Sorghum*-Felder der Nachbarschaft parzellenweise absuchen und alle vom Bohrer befallenen Pflanzen aufspalten lassen.

[2]) Zehntner, Archief voor de Java-Suikerindustrie 1898 afl. No. 15.

und ließen sich auch nicht als jüngere Entwicklungsstadien dieser Art identifizieren, so daß wahrscheinlich irgend ein anderer Schmetterling vorlag.

Busseola befällt verschiedene *Sorghum*-Varietäten, u. a. besonders eine von den Wamuëra „djikota“ genannte Zuckerhirse (var. *Baumannii* Kcke.).[1] Diese früh reifende Form war bereits abgeerntet und die zum Saatgut für die nächste Periode bestimmten Fruchtstände lagen allerwärts auf den Dächern zum Trocknen aus; bei Untersuchung der noch anhaftenden Stengelteile fand ich kaum ein vom Bohrer verschont gebliebenes Exemplar vor.

Von natürlichen Feinden dieses Bohrers ist vorläufig nur eine Schlupfwespe zu nennen, deren seidige weiße kleine Cocons ich nicht selten neben erkrankten oder schon abgestorbenen Raupen fand.[2] Das entwickelte Insekt habe ich nicht angetroffen.

In den von den Raupen bewohnten Stengelteilen siedeln sich verschiedene, auch pflanzliche „Mitesser“ an; besonders machen sich Hefen durch den eigentümlich süßlich-alkoholischen Geruch, der die Vergärung des Zuckers begleitet, bemerkbar.[3]

Die schädlichen Wirkungen der *Busseola* äußern sich darin, daß die befallenen Stengelglieder durch die Aushöhlung an Festigkeit einbüßen und bei stärkeren Winden die Hirsepflanzen in der Gipfelregion umknicken und zersplittern. Nicht selten fand ich die Halme auch schon bei 30—40 cm Höhe über dem Boden geknickt. Hat die Frucht bereits einen Reifegrad erreicht, der sie befähigt, unter dem Einfluß der Sonne allein vollreif zu werden, so ist ein Verlust nicht zu befürchten. In den meisten Fällen waren jedoch — wenigstens in dem von mir bereisten Teile des Lindibezirks — die Hirsepflanzen bereits kurz nach Beginn des Fruchtansatzes umgebrochen, worauf die Fruchtstände vertrockneten, ohne daß die Frucht zur Reife gelangte. Besonders im Akidat Ilulu trat der Bohrer massenhaft auf:[4] in einigen Feldern konnte man bei der Ernte die wirklich ausgereiften Fruchtstände zählen.

Die Eingeborenen (Stamm der Wamuëra) im Ilulu-Distrikt kennen den Bohrer unter dem Namen „Maungu“ recht gut und sagten mir, daß er besonders stark in regenreichen Jahren auftrete. Wenn diese Beobachtung — woran ich nicht zweifele — den Tatsachen entspricht, so wird dadurch die Gefahr weitgehender Schädigungen in der Hirsekultur Ostafrikas wesentlich vermindert; denn eine so

[1]) Die Vorliebe für den Zucker hat *Busseola* mit *Diatraea striatalis* Snell., dem „Stengelbohrer“ des Zuckerrohrs gemeinsam, dessen Tätigkeit von einer starken Verminderung des Zuckergehaltes in dem befallenen Rohr begleitet ist. (Vgl. Kobus in Archief v. d. Java-Suikerindustrie 1895, S. 403, und W. Krüger a. a. O. S. 380.) Dasselbe dürfte auch für *Grapholitha schistaceana* Snell. Gültigkeit haben. (Vgl. Arendsen-Heim in Archief 1895, S. 764.)

[2]) Auch die Raupen von *Diatraea striatalis* Snell. und von *Sesamia nonagrioides* Lef. werden von Schlupfwespen (einer Braconiden-Art) angegriffen. (Zehntner, Archief voor de Java-Suikerindustrie 1900, S. 779 und 781).

[3]) Vgl. Kapitel V, 2a dieser Arbeit.

[4]) Für die interessierten Stellen in der Kolonie gebe ich nachstehend meine Notizen über das Auftreten des Bohrers in den auf dem Rückmarsche nach Lindi und auf einer späteren zu Anfang Juli ausgeführten Exkursion in das Gebiet der Matumbi-Berge (Bez. Kilwa) wieder. 1. Lindi-Hinterland: Tshitandi (bei Ruangwa): mäßig; Nashinjimba (bei Ruangwa): viel; Nkalakatscha: mäßig, im unteren Teile des Tales mehr; Kwa-Sikumbi: viel; Kipunga: viel; Nyanganye: sehr wenig. 2. Matumbi-Gebiet: Mirungamo (Vorland): mäßig; Mnyamboudo: wenig; Mikunya (Distrikt Samanga): viel.

regenreiche Periode, wie sie im Frühjahr 1903 im Süden der Kolonie herrschte, gehört in unserem Lande zu den Ausnahmefällen.

Ehe wir von der Biologie des Tieres nicht umfangreichere Kenntnisse besitzen, wie sie meine, der Lage der Verhältnisse entsprechend lückenhaften Beobachtungen vermitteln können, lassen sich über die Art des Einflusses der Witterung auf die Bohrer-Plage kaum Vermutungen äußern. Möglich, daß Eier oder Raupen bei trockner Witterung massenhaft zu Grunde gehen, möglich auch, daß durch übermäßige Feuchtigkeit Parasiten und Feinde des Bohrers, die sonst zu seiner Vertilgung beitragen, vernichtet oder beeinträchtigt werden, möglich endlich, daß unter diesen Verhältnissen andere, dem Insekt als Nährpflanzen dienende Gramineen in ihrer Entwicklung gehemmt werden, so daß der Schmetterling genötigt ist, seine Eier auf *Sorghum* abzulegen. Wahrscheinlich wirkt auch die durch reichliche Niederschläge hervorgerufene Saftfülle der Hirsepflanze auf den Lebensprozeß der *Busseola*-Raupen förderlich ein. Alle diese Faktoren können gemeinsam regulierend wirken.

Die Bekämpfung des Schädlings würde nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse mit dem Erntegeschäft verbunden werden müssen, und zwar in der Weise, daß Raupen und Puppen aus den befallenen Stengeln gesammelt und vernichtet würden. Ist man erst einmal über die Art der Eiablage unterrichtet, so würde eventuell noch das Einsammeln der Eier als Vernichtungsverfahren in Betracht kommen. Alle diese Arbeiten könnten gut durch Kinder verrichtet werden. Das Aufstellen von Fanglaternen dagegen zum Einfangen der geflügelten Tiere würde jedenfalls Kosten verursachen, die nicht in richtigem Verhältnis zu den dadurch gewonnenen Werten stehen.[1])

Von den Parasiten und natürlichen Feinden der Bohrer soll man — wie Zehntner wiederholt für die Bohrer des Zuckerrohrs betont hat — nicht allzuviel erwarten. Sie können wohl einer übergroßen Vermehrung dieser Schädlinge entgegenwirken, nicht aber von der Plage erlösen.[2])

Noch einmal möchte ich betonen, daß nur gründliche Kenntnis der Entwicklungsgeschichte und Lebensweise der Bohrer zu einer wirklich zweckmäßigen Bekämpfungsmethode führen kann. Erst dann wird man übersehen können, gegen welches Entwicklungsstadium des Insekts sich das Vernichtungsvorgehen zu richten hat, und ob sich letzteres auch auf etwaige wildwachsende Nährpflanzen erstrecken müßte. Vielleicht nimmt sich das Biologisch-Landwirtschaftliche Institut in Amani dieser Frage an.

Um die durch die Bohrer verursachten Schäden — die nach meinen Wahrnehmungen in dem oben erwähnten Distrikt Ilulu im vorigen Jahre recht beträchtlich waren[3]) — richtig bemessen zu können, ist es notwendig, fortlaufende Berichte

[1]) Man darf bei dieser Betrachtung nicht die Marktpreise der *Sorghum*-Hirse außer acht lassen; im Sommer 1903 wurden — nach einer Mittelernte — in Samanga (Bez. Kilwa) 84 engl. Pfund für 1,40 M verkauft.

[2]) Vergl. Zehntner in Handelingen v. het IIde Congres te Djokjakarta 1898 S. 257 (Beilage z. Archief v. d. Java-Suikerindustrie).

[3]) In einer mir nach Abschluß meiner Arbeit zugegangenen Mitteilung von Barber (s. Fußn. auf S. 350) heißt es von den *Sorghum*-Bohrern in der Präsidentschaft Madras: „By far the most serious pests in the *Sorghum* fields are the borers ....“ Auch dort sind mehrere Bohrer beobachtet worden, deren Bestimmung jedoch noch nicht stattgefunden hat.

über das Auftreten der Bohrer in den wichtigeren Getreidegegenden der Kolonie zu erhalten. Die Bezirksämter könnten die nötigen Erhebungen durch die Wirtschaftsinspektoren anstellen lassen, denen es leicht fallen wird, sich über die Verbreitung dieser Plage bei ihren Bezirksbereisungen zu informieren.

Keinesfalls sollte man die *Sorghum*-Bohrer aus dem Auge verlieren.

II. Wurzelkrankheiten.

Erkrankungen der Wurzel scheinen an der *Sorghum*-Hirse nur selten aufzutreten.

Die einzige mir aus eigener Anschauung bekannt gewordene Krankheit beobachtete ich im Frühjahr 1901 an der deutschen Nyassa-Küste und im angrenzenden Hochlande von Ungoni. Es handelte sich dabei um eine Homopteren-Larve, die sich in dem Rindengewebe der Wurzeln entwickelte.

Herr Dr. Kuhlgatz im hiesigen Zoologischen Museum hatte die Freundlichkeit, das von mir gesammelte Material zu untersuchen, konnte aber wegen des jugendlichen Stadiums der Tiere eine nähere Bestimmung nicht ausführen. Herr Kuhlgatz ließ die Möglichkeit offen, daß es sich um eine Jasside handelte.

Makroskopisch ließen sich — je nach dem Grade der Erkrankung — an den sonst normalen Wurzeln rot bis violett gefärbte Flecken erkennen, oder der Rindenkörper war stellenweise oder vollständig geschrumpft oder endlich waren die erkrankten Wurzeln gänzlich abgestorben.

Bei der mikroskopischen Untersuchung ergab sich, daß bereits an den intensiver verfärbten Teilen die Wurzelrinde von außen her verletzt worden war. Es fanden sich mehr oder weniger zahlreiche, den Rindenkörper in radialer oder schiefer Richtung vollständig durchquerende Lücken, die von den Larven des fraglichen Insekts ausgefüllt wurden. An der inneren Grenze des Rindengewebes waren die Höhlungen öfters mehrfach verzweigt.

In vorgeschritteneren Stadien sieht man die Höhlungen leer und die Ausgänge erweitert; bisweilen hat das ausgewanderte Insekt seine Chitinhülle im Gewebe zurückgelassen. An den befallenen Stellen sterben das Rindengewebe und zuletzt auch der zentrale Strang allmählich ab.

Ähnliche Beobachtungen hat Herr Assistenzarzt Dr. Stollowsky[1]) später in Kilossa gemacht: möglicherweise handelte es sich dort um den nämlichen Parasiten.

Wenn nun auch zeitweilig in einigen Bezirken Ostafrikas eine von tierischen Parasiten hervorgerufene Erkrankung der *Sorghum*-Wurzeln nachgewiesen ist, so glaube ich doch nach dem heutigen Stande der Kenntnisse dieser Tatsache keine weittragende Bedeutung beilegen zu dürfen.

Denn, abgesehen davon, daß ich weder in Java noch bei meinem späteren Aufenthalte in Ostafrika irgendwelche Erkrankungen der Wurzeln angetroffen habe, scheinen mir Wurzelkrankheiten dieser Art

[1]) Nach einem mir vom Kaiserl. Gouvernement in Daressalâm gütigst zur Verfügung gestellten Berichte.

der Hirse kaum ernstlichen Schaden zufügen zu können, weil die Pflanze eine geradezu erstaunliche Regenerationsfähigkeit des Wurzelsystems besitzt.

Wie ich in Buitenzorg experimentell erprobt habe, kann man einen beträchtlichen Teil des primären Wurzelsystems entfernen, ohne daß die Pflanzen dadurch Schaden erleiden. Alsbald tritt reichliche Bildung oberirdisch entspringender Adventivwurzeln ein, die den Verlust in kürzester Zeit ersetzen, indem sie die Pflanze im Boden fest verankern und auch die sonstigen Funktionen der abgeschnittenen primären Wurzeln aufnehmen.

Anhang.

Die Rotfärbungen an der Sorghumpflanze.

In den vorhergehenden Abschnitten ist wiederholt auf die mehr oder weniger intensiven Verfärbungen hingewiesen worden, die sich bei jeder Störung des normalen Lebensprozesses der Hirsepflanze einstellen und die bisweilen an den oberirdischen Organen weiten Umfang und große Intensität annehmen. Wir haben gesehen, daß die Bildung eines roten Farbstoffs im Gefolge der meisten Krankheiten der Hirse auftritt und diesen Vorgang als eine ungemein scharfe Reaktion der Pflanze auf gewisse innere und äußere Reize erkannt.

Es verstand sich von selbst, daß ich dieser auffälligen und immer wiederkehrenden Erscheinung bei meinen Untersuchungen über die *Sorghum*-Krankheiten dauernde Aufmerksamkeit zuwandte, wenn ich auch nach Erkenntnis der nebensächlichen Bedeutung des Vorganges für die Pathologie der Hirse seiner speziellen Erforschung nur wenig Zeit und Mühe opfern konnte. Trotzdem mögen meine Beobachtungen im folgenden zusammengefaßt werden, zumal sich dabei einige Fragen von allgemeinem physiologischen Interesse ergeben, die wohl verdienten, einmal eingehender behandelt zu werden.

Auf eine Berücksichtigung der umfangreichen Literatur über analoge Erscheinungen im Pflanzenreich muß ich hier verzichten, da dieses Thema eigentlich außerhalb des Rahmens meiner Arbeit liegt und ich deswegen seiner Besprechung keinen breiteren Raum zugestehen kann.[1])

Die Neigung zur Bildung roter Pigmente ist bekanntlich im Pflanzenreich außerordentlich verbreitet. Derartige Verfärbungen machen sich unter den verschiedensten Ursachen und bei den Vertretern vieler Familien bemerkbar; bei den Gramineen dürften sie meines Wissens in keinem anderen Falle eine derartige Ausdehnung und Intensität erreichen, wie bei der *Sorghum*-Hirse.[2])

[1]) Wichtigere Arbeiten über den Gegenstand finden sich zitiert bei J. Kochs in Jahrb. d. Hamburg. Wissenschaftl. Anstalten XVII, 3. Beiheft. Hamburg 1900.

[2]) Auch beim Zuckerrohr sind sie sehr verbreitet (s. W. Krüger a. a. O.).

Daher hat man auch in den meisten Ländern der *Sorghum*-Kultur diese Erscheinung als Äußerung einer spezifischen Krankheit angesehen,[1]) die in Nordamerika „Blight“[2]), von den Franzosen „Brulûre“, in Ostafrika „Rost“ genannt, bald von Bakterien, bald von Hefen- oder anderen Pilzen erzeugt werden sollte.

Es sei hier gleich im voraus bemerkt, daß auch diese „Krankheit“ ähnlich, wie die Mafuta-Seuche in Ostafrika einen Sammelbegriff verschiedener Vorgänge darstellt, denen die Eigenschaft gemeinsam ist, eine Rotfärbung auszulösen.

Ehe wir auf die Frage eingehen, auf welche Ursachen jene Erscheinung zurückzuführen ist und welche Rückschlüsse auf den Gesundheitszustand der Pflanze ihr Auftreten gestattet, sei zunächst der Literatur gedacht, die sich mit den bewußten Rotfärbungen der Hirse beschäftigt.

Kühn tut in seiner mehrfach zitierten Abhandlung[3]) gelegentlich der Beschreibung von *Ustilago cruenta* auch der Rotfleckigkeit Erwähnung, die in Südafrika als ein Zeichen starker Erkrankung der Hirsepflanze angesehen werde. Er fügt hinzu, daß auch bei uns im Sommer und Herbst die gleiche Erscheinung an *Sorghum* wahrnehmbar sei, ohne daß sich aus ihrem Vorhandensein ein Nachteil für die Entwicklung der Pflanzen kundgebe.

Palmeri und Comes[4]) fanden in den stark geröteten Stengeln von Zuckerhirse große Ansammlungen von Hefepilzen und Bakterien und untersuchten das Auftreten der Rotfärbung in den einzelnen Teilen der infizierten Pflanzen.

Dabei beobachteten sie, daß die Rötung entweder in den Geweben der Stengelinternodien und gleichzeitig in den korrespondierenden Blattscheiden oder nur in den Blattscheiden allein auftrat. Und da sie auch auf der Innenseite der Blattscheiden die Hefen und Bakterien massenhaft vorfanden, so nahmen sie an, daß diese Organismen vom Blatte aus in das Innere der Stengel gelangten und daß die im Gefolge ihrer Tätigkeit entstehende Rotfärbung durch die Gefäßbündel aus den Scheiden in die Internodien übergeleitet würde. Von hier aus pflanzt sich nach ihrer Anschauung die Rötung, ebenfalls durch die Bündel in den Stengeln — und zwar in der Richtung von oben nach unten — fort, durchläuft auch die Knoten auf gleichem Wege und teilt sich allmählich von den Bündeln aus

---

[1]) Zwei Parasiten der Hirse: *Ustilago cruenta* Kühn und *Puccinia purpurea* Cooke haben nach den von ihnen erzeugten roten Flecken ihre Namen erhalten. Zimmermann (Berichte über Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika II. Bd. H. 1 [Heidelberg 1904] S. 12 hat unlängst die Ansicht ausgesprochen, daß *Cercospora Sorghi* Ell. et Ev., die er bei Makuyuni am Abhange des West-Usambara-Gebirges sehr zahlreich auf *Sorghum*-Blättern fand, „als die Ursache der meisten Blattflecken (auf dieser Pflanze) zu betrachten sei“. Nach meinen weitgehenden Untersuchungen kann das nur für örtlich beschränkte Gebiete zutreffen; allgemein verbreitet in Ostafrika ist dieser Pilz jedenfalls nicht.

[2]) In der deutschen Fachliteratur zuweilen inkorrekterweise als „*Sorghum*-Brand“ übersetzt.

[3]) Mitt. d. Vereins f. Erdkunde in Halle. 1877 S. 81 ff.

[4]) Palmeri e Comes, Notizie preliminari sopra alcuni fenomeni di fermentazione del Sorgo saccharino vivente. (Rendiconto dell'Accademia delle Scienze fisiche e matematiche di Napoli. XXII. 1883 S. 310 ff.)

den sämtlichen übrigen Gewebeelementen mit. Immer treten die Bündel durch ihre intensivere Färbung aus dem geröteten Gewebe hervor.

Wie ich bereits in einem anderen Abschnitte (V, 2a) bemerkte, haben die italienischen Forscher die wirklichen Eintrittspforten der Hefepilze in das Stengelmark jedenfalls übersehen: die Hefen können nur durch Verwundungen des Stengels eingewandert sein. Daher ist anzunehmen, daß die intensive Rotfärbung des Stengelinnern ihren Ausgang an denjenigen Stellen des Markes genommen hatte, wo die Hefezellen ihre Gärtätigkeit entfalteten, während die Blattscheiden ganz unabhängig davon, durch Einwanderung von Bakterien oder durch sonstige äußere Einflüsse rot gefärbt wurden.

Daß in dem einen oder anderen Falle einmal eine Rückleitung der Verfärbung durch die Bündel der Scheiden in die Bündel des Stengels stattfinden könnte, soll nicht geleugnet werden, ist aber jedenfalls nicht als Regel anzusehen.

Die Entstehung der roten Färbung in den einzelnen Gewebeelementen führen Palmeri und Comes auf eine Substanz zurück, die vielleicht aus dem Zellsaft stammend, in den Zellwänden abgelagert ist: „L'esame microscopico dei tessuti colorati rivela, che la colorazione rossa è dovuta ad'un sostanza, forse proveniente dal succo cellulare, depositata sulle pareti degli elementi anatomici."

Wie unten gezeigt werden wird, entspricht diese Anschauung in allen Fällen den von mir gefundenen Tatsachen.

Die Arbeiten von Burrill und Kellermann und Swingle über den „*Sorghum*-Blight" habe ich, wie bereits erwähnt,[1]) nicht im Original erhalten können. Nach den Referaten zu urteilen, handelt es sich bei den von diesen Forschern beschriebenen Krankheitserscheinungen vornehmlich um Bakteriosen der Blattscheiden, die ja, wie wir gesehen haben, stets von den intensivsten Verfärbungen begleitet sind.

Bruynings[2]) eigentümliche Anschauung, daß zwei symbiotisch lebende Pigmentbakterien den roten Farbstoff in den Geweben der Hirsepflanze erzeugen sollten, mag beiläufig erwähnt werden.

„Blight"-kranke *Sorghum*-Pflanzen mit stark gerötetem Mark untersuchte Radais.[3]) Das Material war aus Algier nach Frankreich geschickt worden.

Radais wies nach, daß in diesem Falle eine im Markgewebe üppig vegetierende Hefe die fragliche Erscheinung hervorrief. Bei sorgfältig ausgeführten Infektionsversuchen mit Reinkulturen des betreffenden Hefepilzes erzeugte er genau die gleichen Verfärbungserscheinungen, wie er sie an dem algerischen Ausgangsmaterial vorher beobachtet hatte; die Rötung erstreckte sich sowohl auf das Markparenchym, wie auf die Gefäßbündel. Von den letzteren wird gesagt: „These latter transfuse the coloring matter the whole length of the internode, and quite beyond the infected region, so that the appearance of the pigment at a certain point of

[1]) Vergl. Fußn. zu S. 365.

[2]) Archives Néerlandaises Sér. II. T. I, (1898) S. 297 ff. (Nach Radais a. a. O.)

[3]) On the Blight of *Sorghum*. Botanical Gazette XXVIII (1899) S. 65 ff.

the tissue is not a sure sign, that the parasite is present at that point."

Auch Weinhefe, unter den gleichen Bedingungen eingeimpft, rief dieselben Erscheinungen hervor, wie die aus der Hirse isolierte Art.

Wurde dagegen das Mark einfach aseptisch durch Stiche mit der reinen Nadel verwundet, so hatte das nur den Erfolg, daß in den verletzten Zellen selbst eine verhältnismäßig schwache Rotfärbung eintrat. Auch von einer Fortpflanzung der Rötung in den Gefäßbündeln war dabei keine Rede.

Radais hatte also die Beobachtungen von Palmeri und Comes (s. o.) über die Beziehungen zwischen Tätigkeit von Hefepilzen und Rotfärbung der Stengelgewebe und auch die Befunde der italienischen Forscher betreffs der eigentümlichen Fortleitung der Rötung in den Gefäßbündeln bestätigt. Er bemerkt übrigens mit Recht, daß er keineswegs Hefen als alleinige Urheber der Verfärbungen bei *Sorghum* betrachte, sondern daß sehr wohl auch Bakterien — wie andere gefunden — die gleiche Erscheinung würden hervorbringen können.

Die physiologische Seite der Frage wurde von Radais nur insoweit berührt, als er zeigte, daß einfache mechanische Verwundung nur eine lokal engbegrenzte Bildung des roten Pigments an der Wundfläche selbst zur Folge hat.

Zur Klärung der hier obwaltenden physiologischen Vorgänge habe ich einige Versuche zur künstlichen Erzeugung der Rotfärbung ausgeführt,[1]) die im folgenden mitgeteilt seien.

1. Mechanische Verwundung. a) Am 6. Dez. 1902 wurden kräftige gesunde Blätter verschiedener Pflanzen mit einer scharfen Schere senkrecht zur Mittelrippe um 20 cm gekappt. Nach 4 Tagen zeigte sich ein linearer roter Wundrand; die Schnittstellen vernarbten und die beschnittenen Blätter zeigten späterhin nicht die geringsten äußeren Veränderungen mehr. Wurde die Blattspreite vom Rande bis zur Mittelrippe eingerissen, so fiel der rote Wundrand der Stärke der Verletzung entsprechend etwas breiter aus.

b) An zwei Pflanzen wurden die noch wachsenden und sich bis zu dritt umschließenden Scheiden an je zwei Gliedern durch scharfe, vorsichtig geführte Vertikalschnitte durchschnitten, so daß an den betreffenden Stellen der Stengel freigelegt wurde (6. XII. 1902). Die Wundränder röteten sich kaum. Nach zwei Wochen begannen die beschnittenen Scheiden von den Schnittflächen aus langsam zu vertrocknen, ohne daß dabei irgendwelche Rotfärbungen aufgetreten wären.

Diese Versuche ergaben also dasselbe Resultat, wie es Radais (a. a. O.) durch Verwundung des Markes mit Nadelstichen erzielt hatte, nämlich daß durch einfache mechanische Verletzung nur in unmittelbarer Nähe der Wundfläche eine beschränkte und schwache Verfärbung eintritt, die sich nicht weiter im Gewebe fortpflanzt.

---

[1]) Soweit nicht anders angegeben, wurden die Versuche auf meinem Versuchsfelde im Kulturgarten von Tjikeumeuh bei Buitenzorg ausgeführt.

2. Verwundung und Vergiftung. a) An mehreren, wie bei 1a behandelten Blättern derselben Versuchspflanzen wurden unmittelbar nach der Beschneidung die Wundstellen mit einer schwachen Lösung von Chloroform in Terpentinöl bepinselt. Nach 4 Tagen waren die Wundstellen von einem breiten roten Rande begrenzt, von dem aus sich die Rötung in den Nerven verschieden weit fortpflanzte. Das Blattgewebe war einige Centimeter weit im Absterben begriffen. Bei späteren Beobachtungen konnte ein Fortschreiten weder der Rotfärbung noch des Absterbens konstatiert werden. Da es sich hier um kräftige, fast ausgewachsene Blätter handelte, war die Giftwirkung weniger energisch, als bei dem folgenden Versuche.

b) Drei, in 1 m Höhe vollständig gekappte, im Wachstum befindliche Pflanzen, deren Wundflächen mit der erwähnten chloroformhaltigen Lösung bepinselt worden waren, zeigten schon nach wenigen Tagen intensive Rotfärbung der Blattscheiden, während die jüngeren Blätter, soweit sie vom Messer und dem Gifte getroffen waren, schnell vertrockneten. Nach 8 Tagen hatte die Verfärbung an den betroffenen Blattscheiden eine schwarzbraunrote Nuance angenommen, nach 15 Tagen waren die Scheiden abgestorben und vertrocknet. Die vom Schnitte nicht betroffenen jugendlichen Blattanlagen entwickelten sich zu leidlich gesunden Blättern.

Drei zu gleicher Zeit mit scharfem Schnitt gekappte Kontrollpflanzen entwickelten sich unter Bildung kräftiger Korrelativsprosse fröhlich weiter, ihre Wundflächen vernarbten schnell und zeigten nur sehr schmale, schwach gebräunte oder gerötete Ränder.

3. Vergiftung. a) Je ein kräftig entwickeltes Blatt von vier verschiedenen Pflanzen wurde auf der Oberseite 20—25 cm weit von der Spitze an abwärts mit der käuflichen 40prozent. Formaldehydlösung („Formalin") bepinselt. Schon nach 4 Tagen (10. XII. 1902) waren die Spreiten bis zur Grenze der Formalin-Behandlung — ohne sich rot zu färben — vollständig abgestorben. Die nicht bepinselten Teile der Blattflächen zeigten auch späterhin keine Veränderung, die auf eine Fortpflanzung der Giftwirkung hätte schließen lassen. Die Grenze der letzteren war durch einen roten Rand scharf markiert.

b) Vier Blätter (ausgesucht wie bei 3a) wurden auf der Oberseite vom Grunde an 8—10 cm weit mit verdünnter Essigsäure bepinselt. Das Absterben der behandelten Blattteile ging bei diesem Versuch zwar langsamer vor sich, als bei 3a, jedoch anfänglich unter denselben Erscheinungen. In den ersten 4 Tagen begannen die bepinselten Teile der Blätter allmählich zu vertrocknen; wie bei 3a waren sie durch einen roten Rand scharf gegen die gesunde obere Partie abgegrenzt. Die Giftwirkung würde sich wohl in diesem Falle später auch auf die oberen Teile erstreckt haben; doch kam es nicht dazu, weil die Mittelrippen so stark mitgenommen wurden, daß sie bereits nach 7 Tagen (13. XII.) unter der Wirkung eines Platzregens am Grunde der Blätter zerbrachen. Am folgenden Tage zeigten die Rippen der vier Versuchsblätter intensive Rotbraunfärbung, die sich aber nur auf die Zone der Essigsäure-Behandlung erstreckte.

Wenn man aus diesen wenigen Versuchen einen Schluß zu ziehen berechtigt ist, so darf man folgern, daß schnell wirkende Gifte (z. B. konzentriertes Formaldehyd)

die Rotfärbung verhindert bis auf die Grenzregion, wo die Giftwirkung abgeschwächt wird.

Langsam wirkende, ein allmähliches Absterben hervorrufende Gifte (z. B. Chloroform + Terpentinöl) dagegen lassen die Rotfärbung zu stande kommen.

4. Künstliche Verstopfungen der Spaltöffnungen.

In früheren Abschnitten wurde bereits hervorgehoben, daß die Ansammlung größerer Bakterienschwärme in den Atemhöhlen der Spaltöffnungen stets von mehr oder weniger intensiver Verfärbung der angrenzenden Gewebepartien begleitet ist und ferner, daß sich diese Erscheinung bereits wahrnehmen läßt, ehe der Nachweis der zerstörenden Tätigkeit der Bakterien geführt werden kann. Bei der Kleinheit der beteiligten Mikroorganismen kann allerdings ein Angriff der Bakterien auf benachbarte Zellmembranen — ein Vorgang, den wir auf enzymatische Wirkungen zurückführten — längst begonnen haben, ehe sich das auf dem Wege direkter mikroskopischer Beobachtung feststellen läßt.

Und da ich in vielen anderen Fällen zweifelsfrei nachweisen konnte, daß die zersetzenden Wirkungen bakterieller Tätigkeit in den Geweben der *Sorghum*-Pflanze die bekannten Rotfärbungen unmittelbar im Gefolge hat, so ist es sehr wohl denkbar, daß bei Einwanderung von Bakterien in die Spaltöffnungen nicht die Verstopfung dieser Organe, sondern der alsbald beginnende Abbau der Membransubstanz die eigentliche Ursache der Rotfärbung darstellt. Anders liegt es bei den dichten Auflagerungen gelatinöser Cikadensekrete auf der Epidermis der Scheideninnenseite. Hierbei ließ sich sehr häufig eine von den Spaltöffnungen ausgehende Verfärbung der Epidermis und der hypodermatischen Gewebe beobachten (S. Taf. VI Fig. 5), ohne daß ein Eindringen von Mikroorganismen in die Stomata stattgefunden hatte.

Deshalb lag die Vermutung nahe, daß bereits eine Verstopfung der Spaltöffnungen und dadurch bewirkte Störung der Atmung und Transpiration ausreicht, um die fragliche Erscheinung hervorzurufen. Um hierüber Klarheit zu gewinnen, wurden folgende einfache Versuche ausgeführt:

a) Am 6. Dezember 1902 wurden in Buitenzorg verschiedene gesunde *Sorghum*-Blätter auf der Oberseite der Spreite mit gelber amerikanischer Vaseline bestrichen. Nach vier Tagen zeigten die behandelten Teile der Blätter intensive Rotfärbungen in Gestalt von unregelmäßigen Flecken und Längsstreifungen.

Bei der mikroskopischen Betrachtung ergab sich, daß die Spaltöffnungen als Rötungszentren fungierten. Da die amerikanische Vaseline nicht als völlig reines Präparat gelten kann, so war es immerhin möglich, daß bei diesem Versuche chemische Reize („Giftwirkungen") mitgewirkt hatten. Um eine derartige Fehlerquelle auszuschließen, und weil mir daran lag, die Entstehung und Ausdehnung der Rotfärbung im Gewebe schrittweise mikroskopisch zu verfolgen, wurde der Versuch in Ostafrika mit chemisch reinem flüssigen Paraffin („Paraffinum liquidum") wiederholt.

b) Am 2. Juni 1903 wurden gesunde Blätter verschiedener *Sorghum*-Pflanzen teils auf der Ober-, teils auf der Unterseite mit Paraffin bestrichen. Stets wurden

nur ein Teil des betreffenden Blattes, entweder die obere oder die untere Hälfte oder auch quergerichtete Streifen behandelt.

Die ersten Rötungen zeigten sich nach 48 Stunden.

Sie traten vornehmlich längs der Nerven auf, waren jedoch auch unregelmäßig punktförmig über die Spreite verteilt. Außerhalb der mit Paraffin behandelten Teile der Blattfläche war keine Rotfärbung wahrzunehmen. Nach Ablauf von drei Tagen hatten die Rötungen an Umfang und Intensität erheblich zugenommen.

Ein Einfluß der Witterung auf den Verlauf dieser beiden Versuche, die unter ganz verschiedenen äußeren Bedingungen — in Buitenzorg während der Regenzeit, in Ostafrika während der Trockenperiode — ausgeführt wurden, ließ sich nicht nachweisen, wie bei der Natur des angewendeten Mittels vorauszusehen war.

Die mikroskopische Untersuchung ergab folgendes:

1. Die Rötung ging in allen Fällen von den Spaltöffnungen aus. (Taf. VI, Fig. 13.) Da letztere in unmittelbarer Nähe der Nerven besonders dicht verteilt liegen und da die Bastbeläge der Bündel einen tieferen Farbenton annehmen, wird es erklärlich, warum vornehmlich in diesen Teilen der Blattfläche die roten Flecke auftraten.

2. Zuerst verfärben sich stets die Membranen, darauf der Zellinhalt.[1]) Und zwar beginnt außerhalb der Spaltöffnungen die Rötung in den Außenwandungen der benachbarten Epidermiszellen. Der Zellinhalt verfärbt sich zuerst in den Spaltöffnungsschließzellen (Taf. VI, Fig. 13), darauf in der Epidermis und dem die Bündel umgebenden Parenchym.

Besonders intensiv reagieren die Stereom-Beläge, deren Verfärbung ebenfalls von den Spaltöffnungen aus übertragen werden kann.

Diese Versuche haben also ergeben, daß bloße mechanische Verstopfung der Spaltöffnungen genügt, um in verhältnismäßig kurzer Zeit die Rotfärbung in gleicher Form und gleicher Intensität auszulösen, wie sie bei krankhaften Störungen, bei Verwundungen und gewissen chemischen Reizen allgemein auftritt.

Ehe wir eine Deutung des physiologischen Vorganges versuchen, seien noch einige Bemerkungen in anatomisch-histologischer Beziehung eingeschaltet.

Nach meinen Beobachtungen erstreckt sich die Tendenz zur Rotfärbung über sämtliche Organe und Gewebe der *Sorghum*-Pflanze mit alleiniger Ausnahme der aus embryonalem Gewebe bestehenden Meristeme.

Wir können diese Erscheinung von der Wurzelrinde bis zu den Spelzen und der Fruchtschale antreffen, wenn auch in sehr verschiedener Abtönung und Ausdehnung.[2])

[1]) Der Vorgang vollzieht sich also in ganz anderer Weise, wie bei der Rotfleckigkeit der Rosenblätter, wo der („vermutlich mit dem Anthocyan identische") Farbstoff nur im Zellsaft auftritt, die Membranen aber ungefärbt bleiben (vergl. Ost und Wehmer, Zur Beurteilung von Rauchschäden. In „Chemische Industrie", Hannover 1899 No. 11, Fig. 5 u. 8).

[2]) Ein merkwürdiges Analogon zu dieser Tatsache bietet die Beobachtung von Frank, daß die Stiche der Zwergcikade *Jassus sexnotatus* Fallen. die Blätter der gelben Futterrüben gelblich, die der roten Futterrüben rot färben. Auch hier scheint sich die Tendenz zur Bildung eines bestimmten

Auch die einzelnen Kulturformen der Hirse verhalten sich in dieser Hinsicht verschieden.[1])

Bei einigen Formen ist übrigens die Rotfärbung der Spelzen oder der Fruchtschale bereits zur Rasseneigentümlichkeit geworden.

Bei dem Übergange des embryonalen Gewebes in ein vorgeschritteneres Entwicklungsstadium während der Vegetationsperiode scheint die Fähigkeit der Rotfärbung allmählich erworben, d. h. die farblose Muttersubstanz des Farbstoffes gebildet zu werden. Oftmals sah ich an sehr jungen, noch nicht ergrünten Blättern unter den gleichen Verhältnissen (z. B. bei Aphidenstichen) eine Bräunung der Gewebe eintreten, unter denen später die reine Rotfärbung eintritt. Um Mißverständnisse auszuschließen, bemerke ich von vornherein, daß die Bildung des Chlorophyllfarbstoffs für diesen Vorgang völlig belanglos ist.

In den ausgebildeten Geweben macht sich eine verschiedengradige Neigung der einzelnen Elemente zur Verfärbung bemerkbar; so erscheint die Rotfärbung z. B. schnell und in leuchtenden Tönen in den Bastfasern, während die Leptomelemente sich erst später und nur schwach zu röten pflegen. Oft entziehen sich auch die Gefäßwandungen längere Zeit der Verfärbung; sie werden aber bei entsprechender Beeinträchtigung der Lebensfunktionen des betreffenden Organs ebenfalls ergriffen. In den Stereombelägen der Gefäßbündel und den unmittelbar benachbarten Markzellen — sei es in der Mittelrippe des Blattes oder im Mark des Stengels — findet häufig eine Fortpflanzung der Rötung auf weitere Strecken hin statt. (S. Taf. VI, Fig. 11 u. 12.) Schon Palmeri und Comes und Radais haben auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht, die beweist, daß nicht immer gerade an der Stelle, wo die Rötung auftritt, auch eine Infektion oder irgendwelche Störung stattgefunden haben muß. Die betreffenden Gewebeelemente scheinen schon gegen geringfügige Veränderungen des chemischen Gleichgewichtes recht empfindlich zu sein. Ein Insektenstich in die Mittelrippe des Blattes mit beschränktester Pilzinfektion im Gefolge kann nach meinen Beobachtungen genügen, die Rotfärbung auf eine Strecke von 10 cm und weiter durch Stereom und Mark der Rippe fortzupflanzen.

Besonders empfindlich reagieren auch die Epidermis und das kleinzellige Hypoderm der Blätter; hier pflanzt sich die Rotfärbung schnell, wenn auch in beschränkterem Umfange fort, so z. B. in der Umgebung der Sporenlager von *Puccinia purpurea*. Wie aus früher Gesagtem hervorgeht, ist die Verholzung der Mem-

---

Farbstoffes über die ganze Pflanze zu erstrecken. (Frank und Sorauer, Jahresber. d. Sonderausschusses für Pflanzenschutz 1893. [Arb. d. D. Landwirtsch. Gesellsch. H. 5. Berlin 1894.] Über die eigenartigen Rotfärbungen an verschiedenen Organen des Zuckerrohrs enthält W. Krügers schönes Werk zahlreiche bemerkenswerte Angaben.

[1]) Die Bildung des roten Farbstoffes geht bei einigen *Sorghum*-Varietäten in solchem Umfange vor sich, daß die geröteten Teile der Pflanze von gewissen Völkerschaften in Zentral-Afrika (nach mündlicher Mitteilung des Herrn Prof. Schweinfurth) und im portugiesischen Westafrika (H. Baum, Kunene-Sambesi-Expedition. Herausg. v. O. Warburg. Berlin 1903, S. 509) zum Färben von Stoffen und Flechtwerken verwendet werden. Das Gleiche ist mir nach einer handschriftlichen Notiz des Herrn Dr. Kersting auch aus Togo bekannt geworden. Eine von Herrn Kersting aus Sokode an das Berliner Botanische Museum eingesandte *Sorghum*-Form mit wenig umfangreichen Fruchtständen liefert in den stark geröteten Stengeln und Blättern ebenfalls Material zum Färben von Stoffen.

bran ohne Einfluß auf das Zustandekommen und die Intensität der Reaktion.

Lebendes Plasma nimmt den roten Farbstoff nicht auf, wenn auch oft der Inhalt lebender Zellen durch die Verfärbung des Zellsaftes völlig rot erscheint. Im abgestorbenen Plasma wird dagegen der Farbstoff geradezu gespeichert.

Erwähnung verdient noch, daß die Muttersubstanz des färbenden Körpers (das „Chromogen") auch in die Membran der Paraphysen von *Puccinia purpurea* übergeht, deren knäulig angeschwollene Enden ich oft tief rot gefärbt sah.[1]) Pilzhyphen (von *Fusarium*, *Ustilago* u. a. m.) nehmen nach meinen Beobachtungen den Farbstoff nur selten und nur nach dem Absterben auf. —

Die allgemeinen Ergebnisse unserer Beobachtungen über Auftreten und Wesen der für *Andropogon Sorghum* so charakteristischen Verfärbungserscheinungen sind folgende:

1. Die Rotfärbung der Gewebe ist nicht zu den „Herbstfärbungen" zu rechnen; sie ist auch nicht als normale und allgemeine Erscheinung des Absterbens der Hirsepflanze anzusehen.[2]) Sie tritt weder beim Vertrocknen der Pflanze auf dem Felde zum Schluß der Vegetationsperiode, noch dann ein, wenn man das Absterben durch Ausheben der Pflanze und allmähliches Eingehenlassen im Zimmer bewirkt. Halme und Blätter gesunder Individuen werden beim Vertrocknen gelb, wie andere Getreide auch.

2. Die Rotfärbung ist als eine höchst subtile Reaktion der *Sorghum*-Pflanze auf jegliche Störung des chemischen Gleichgewichts zu betrachten, eine Reaktion, welche durch die verschiedenartigsten Eingriffe in den Lebensprozeß der Pflanze ausgelöst werden kann, als da sind: Verwundungen, Pilz- und Bakterieninvasion, Giftwirkungen, Störung des Gaswechsels und der Transpiration.

3. Niederschläge und Besonnung sind — wenigstens in den Tropenländern — ohne unmittelbaren Einfluß auf den Eintritt dieser Reaktion.

Wohl aber ist es möglich, daß Kälte die Rotfärbung hervorruft. Vielleicht ist hierauf die oben mitgeteilte Wahrnehmung Kühns zurückzuführen, daß bei uns zu Lande die fragliche Erscheinung im Sommer und im Herbst allgemein an der Hirse auftritt. Die *Sorghum*-Hirse ist, wie ich bereits hervorhob, keine „harte" Pflanze; sie kann deswegen auch in den tropischen Gebirgsländern nur bis zu einer Höhenlage erfolgreich angebaut werden, in der schädigende Abkühlungen nicht eintreten.

4. Die Bildung des roten Farbstoffs steht in keiner Beziehung zum Chlorophyll. Sie kommt in gleicher Intensität in chlorophyllfreien Geweben, z. B. im Marke des Stengels und im zentralen Strange der Wurzel zu stande, wie im Mesophyll der Blätter, also ganz unabhängig vom Chlorophyll und auch vom

---

[1]) Vergl. W. Busse, Ber. d. Deutsch. Bot Gesellsch. 1902, S. 287.

[2]) Beim Absterben verfärbter Pflanzenteile verhält sich das Pigment äußerlich etwa so, wie Wehmer (Über Färbungen und Flecke der Rosenblätter. Gartenflora **49.** 1900) es bei rotgefärbten Rosenblättern beobachtet hat. Auch in verdünnten Alkohol eingelegtes Material zeigt keine erhebliche Veränderung des Farbentones. Beim natürlichen Tode der Pflanze oder einzelner Organe geht übrigens der Farbstoff nicht verloren; er läßt sich noch nach jahrelanger trockner Aufbewahrung zum großen Teile mit absolutem Alkohol ausziehen.

Licht. Dadurch unterscheidet sich der fragliche Prozeß von zahlreichen anderen roten Verfärbungen, wie sie z. B. an den Wurzeln des Zuckerrohrs auftreten [1]) und wie sie die Schädigung durch Rauchgase, die Stiche der Schildläuse auf der Apfelfrucht [2]) usw. hervorbringen, Rötungen, für deren Zustande kommen der Einfluß des Lichtes erwiesen ist.

5. Die farblose Muttersubstanz („Leukoverbindung“, „Chromogen“) des färbenden Stoffes ist im Zellsaft gelöst enthalten und wird wahrscheinlich mit dem Imbibitionswasser von den Membranen aufgenommen, in denen sie sich in einer bei den verschiedenen Gewebeelementen wechselnden Menge anreichert.

Jedenfalls muß die Muttersubstanz des Farbstoffs ein höchst labiler Körper sein, der bei dem geringfügigsten Anstoße seine Konstitution verändert. Dafür spricht vor allem das Eintreten der Rotfärbung bei mechanischer Verstopfung der Spaltöffnungen, wie sie mit dem oben beschriebenen Paraffinversuch erzielt wurde. Die Störung des normalen Atmungsprozesses scheint mir dabei von größerem Einfluß zu sein, als die Hemmung der Transpiration. Und zwar glaube ich annehmen zu müssen, daß durch die Verstopfung der Spaltöffnungen in den betroffenen Partien der Blattfläche nicht nur eine Herabsetzung der Atmung, also eine quantitative Beeinträchtigung des normalen Gaswechsels, sondern auch eine qualitative, eine chemische Störung hervorgerufen und daß hierbei die Leukoverbindung des Farbstoffs in Mitleidenschaft gezogen wird.

Ob der gefärbte Körper durch Spaltung oder durch Sauerstoff-Übertragung entsteht, muß einstweilen dahingestellt bleiben. Das letztere erscheint mir allerdings aus verschiedenen Gründen das Wahrscheinlichere. Man könnte dabei an einen enzymatischen Vorgang denken — eine Erklärung, zu der man in unserer enzymfrohen Zeit mit besonderem Behagen greift; doch fehlen mir vorläufig dafür die genügenden Anhaltspunkte und ich möchte nicht in den Fehler verfallen, spekulativ mit Körpern zu operieren, die nicht greifbar vorliegen.

Daß bei einfacher mechanischer Verwundung — wenn auch nur innerhalb der engeren Wundzone — Rotfärbung der betroffenen Gewebe eintritt, daß ferner im Bereich der Stichwunden von Aphiden oder Cikadelliden durch vereinte Wirkung des abgeschiedenen Speichels und der Saftentziehung die Reaktion in viel ausgedehnterem Maße sich bemerkbar macht, und daß endlich das Mark eines ganzen Stengelinternodiums durch eine einzige sich darin entwickelnde Bohrraupe rot gefärbt wird, kann bei der durch den Paraffinversuch erwiesenen hochgradigen Empfindlichkeit der Reaktion kaum noch auffallen. [3]) Handelt es sich doch in allen

---

[1]) Vergl. W. Krüger a. a. O. S. 64 und 68 f.

[2]) Vergl. J. Kochs, Beiträge zur Einwirkung der Schildläuse auf das Pflanzengewebe (Jahrb. d. Hamburg. wissenschaftl. Anstalten. XVII, 1900, 3. Beiheft.)

[3]) Wie mir scheint, ist die Annahme von J. Kochs (a. a. O.), daß für die Entstehung des roten Farbstoffes in den Epidermiszellen der von Schildläusen befallenen Äpfel „giftige“ Ausscheidungen der Läuse nicht verantwortlich gemacht werden können, ungenügend begründet. In der Fruchtschale des Apfels liegt die Tendenz zur Rotfärbung vor wie in der Hirsepflanze; warum sollte dieser Vorgang nicht auch durch das Speicheldrüsensekret einer Schildlaus ausgelöst werden können? Ob die

diesen Fällen um mehr oder weniger brutale Eingriffe in den Lebensprozeß der Gewebe, Eingriffe, die viel weiter reichende Störungen des Chemismus der Zellen im Gefolge haben müssen, als bei jenem Versuche der Fall war. Ebensowenig bedarf die farbstoffbildende Wirkung von Bakterien- und Pilzinvasionen, wie sie namentlich durch Pilze im Pflanzenreich ungemein häufig hervorgebracht wird, einer besonderen Erläuterung. In vielen Fällen handelt es sich hierbei jedenfalls um enzymatische Prozesse.

Die spärlichen Versuche mit künstlichen Giften haben gezeigt, daß dort, wo langsames Absterben der Gewebe hervorgerufen wird, die Verfärbung eintritt, während bei der rapide tötenden Wirkung des Formaldehyds diese Erscheinung unterblieb. Vielleicht beruht das allein auf den stark reduzierenden Eigenschaften dieses Körpers und die Zeitdauer der Wirkung ist ohne Belang. Man könnte auch hier an Enzymbildung denken, die im einen Falle noch ermöglicht, im anderen dagegen vereitelt wird. Doch möchte ich diese Frage noch offen lassen. Der Formaldehyd-Versuch stellt übrigens entgegen den zahlreichen Möglichkeiten, die Reaktion herbeizuführen, den einzigen mir bekannten Weg dar, um sie zu verhindern.

Unsere Beobachtungen über die Rotfärbungen an der Hirsepflanze gestatten den Schluß, daß diese Verfärbungen an und für sich nicht als pathologische Erscheinungen aufzufassen sind, wenn sie auch im Gefolge vieler, sogar der meisten Krankheiten der Hirse als Begleiterscheinungen auftreten. Die Rotfärbung würde dann allerdings als schädlich für die Pflanze anzusehen sein, wenn sich ergäbe, daß durch sie in Blattorganen die Chlorophyllassimilation beeinträchtigt wird. Das bliebe noch zu untersuchen. Die bei vielen Gewächsen, namentlich in den Blättern vorhandene Tendenz zur Bildung eines roten Farbstoffs, finden wir in allen Organen der *Sorghum*-Hirse in besonders hohem Grade ausgeprägt, und es bedarf nur des leisesten Anstoßes, der geringsten Störung des normalen Stoffwechsels, um die bewußte Reaktion zu stande kommen zu lassen. In vielen Fällen wird es nicht mehr möglich sein, die Ursachen der Rotfärbung, die zeitlich weit zurück liegen können, noch zu erkennen oder auch die örtlich entfernten Ausgangsstellen noch aufzufinden. Daraus darf aber nicht der Schluß gezogen werden, daß der Farbstoff auch spontan gebildet werde. Nach meinen vielseitigen Beobachtungen liegt für eine solche Annahme kein Grund vor.[1])

Völlige Aufklärung über das Wesen des eigentümlichen Vorganges wird nur auf dem Wege rein chemischer Forschung zu erwarten sein. Allein die Entdeckung der chemischen Natur des Farbstoffes und vor allem seiner Ausgangssubstanz kann zur Erkenntnis der innersten Ursachen führen, denen die Pigmentbildung entspringt.

Saugstiche der Läuse intercellular geführt werden oder ob sie die Zellen verletzen, kommt meines Erachtens dabei ebensowenig in Betracht, wie die Tatsache, daß der rote Farbstoff, der am Sitz der Läuse entsteht, mit demjenigen im Zellsaft normaler rotbäckiger Äpfel identisch ist. Nur auf die Empfindlichkeit der Leukosubstanz kommt es an.

[1]) Die Fälle, in denen eine Rotfärbung der Fruchtschale oder der Spelzen als Rasseneigentümlichkeit vorkommt (s. o.), nehme ich hier natürlich aus.

Es läßt sich nicht verkennen, daß einer dahin gerichteten Untersuchung große Schwierigkeiten im Wege stehen, Schwierigkeiten, die nicht nur in der Beschaffung einer ausreichenden Menge von Untersuchungsmaterial, sondern auch in der komplizierten Konstitution der meisten Pflanzenfarbstoffe begründet sind.

Der Verlauf gewisser Reaktionen[1]) deutet übrigens darauf hin, daß wir es hier mit einem Körper aus der allerdings noch willkürlich umgrenzten und chemisch unerforschten Gruppe der Anthocyan-Stoffe zu tun haben.

Figurenerklärung zu Tafel V.

Fig. 1—12. *Tolyposporium filiferum* Busse.

Fig. 1 u. 2. Reife Brandkörper in natürlicher Größe.

Fig. 3. Dasselbe; Brandhaut teilweise zerstört.

Fig. 4. Dasselbe; Brandhaut der Länge nach aufgeschlitzt. Die Sporen (s) nur an der Basis des Brandkörpers belassen.

Fig. 5. Teil der Basis eines Brandkörpers nach Entfernung der Sporen. Vergr. 2 : 1.

Fig. 6. Sporenballen. Vergr. 300 : 1.

Fig. 7 u. 8. Fadig auskeimende Sporen 550 : 1.

Fig. 9. Promycelien- und Konidien-Bildung. Bei a und c sprossende Konidien. Vergr. 550 : 1.

Fig. 10. Keimende Konidien bei ungenügender Ernährung. Vergr. 550 : 1.

Fig. 10a. Fadenbildung aus keimenden Konidien und Bildung neuer Konidien. Vergr. 550 : 1.

Fig. 10b (α—γ). „Verlängerte Fruchtträger", Konidien abschnürend. Vergr. 550 : 1.

Fig. 11 (α, β). Enden fadenförmiger Ausläufer. Vergr. 550 : 1.

Fig. 12. Bildung von Luftkonidien. a gewöhnliche Konidie, Luftkonidien erzeugend; b vielverzweigter Ast eines Sproßverbandes von Luftkonidien. Vergr. 550 : 1.

Fig. 13—14. *Ustilago cruenta* Kühn.

Fig. 13. Reife Brandkörper, nach Verstäuben der Brandsporen. c Columella; p Reste der Brandhaut. Vergr. 2 : 1.

Fig. 14. Chlamydosporenbildung in künstlicher Kultur (nähere Erklärungen im Text). Vergr. 550 : 1.

Fig. 15. Kleiner Brandkörper von *Ustilago Reiliana* Kühn, zur Hälfte vom jüngsten, an der Spitze zusammengerollten Blatt umhüllt. Nat. Gr.

Fig. 16. Durch Bakterien erweiterter Aphiden-Stich auf junger Blattspreite. Vergr. 150 : 1.

Fig. 17. Bakteriose der Blattscheide. Eine mit Kokken nahezu erfüllte Parenchymzelle. (Die Kokken sind im Verhältnis etwas zu groß gezeichnet.) Die Intercellularräume mit einer roten gummösen Masse verstopft. Vergr. 450 : 1.

---

[1]) Die aus gerötetem Mark gewonnene, also chlorophyllfreie alkoholische Lösung gibt nach Verdünnung mit Wasser mit Bleiacetat (nach Ansäuern mit Essigsäure) keinen Niederschlag; mit Bleiessig entsteht eine schwache Violettfärbung und Trübung, mit Quecksilberchlorid oder Kaliumbichromat keine Reaktion, während Eisenchlorid tiefe Bräunung hervorruft. Kalilauge färbt zuerst schmutzig-violett, dann braun, Ammoniak schön purpurviolett. Der Oxydation scheint das Pigment nicht in bemerkenswertem Maße ausgesetzt zu sein. Die alkoholischen Auszüge konnten über zwei Jahre in lose verschlossenen Flaschen aufbewahrt werden, ohne daß sich ein Bodensatz darin gebildet hätte.

Säuren färben sowohl die frischen Schnitte geröteten Gewebes, wie auch die Farbstofflösung hell und leuchtend rot; aus den Schnitten tritt der Farbstoff bei längerer Einwirkung der Säure aus. In Ammoniak gelegte Schnitte werden nach kurzer Zeit braun gefärbt und der Farbstoff tritt ebenfalls aus den Schnitten in die umgebende Flüssigkeit aus.

Ein charakteristisches Absorptionsspektrum, wie es ähnliche rote Pflanzenfarbstoffe liefern, (Vgl. Sachsse, Die Chemie und Physiologie der Farbstoffe, Kohlenhydrate und Proteinsubstanzen [Leipzig 1877] S. 77 und N. J. C. Müller in Pringsh. Jahrb. XX [1889] S. 97 ff.) ergaben weder die reine alkoholische Lösung des Hirsefarbstoffs, noch die gleiche Flüssigkeit nach Zusatz von Natronlauge oder Schwefelsäure.

Fig. 18. Kranker Seitensproß einer von *Ust. Reiliana* befallenen Pflanze. s Rest der (abgeschnittenen) Hauptsproßscheide; c Infektionsstelle der Hauptsproßscheide; k Knoten des Hauptsprosses; k_1 Knoten des Seitensprosses; hs und hs_1 Zipfel der häutigen Hüllscheide des Seitensprosses; σ äußerstes Blatt des Seitensprosses. Nat. Gr.

Fig. 18a. Brandiger Vegetationskegel des auf Fig. 18 dargestellten Seitensprosses. Die Brandhaut (pe) bildet noch eine dicke hellgelbe Kappe über dem grauen Brandherde. An der Peripherie der (nur teilweise infizierten) Infloreszenzanlage hat die Sporenbildung (ch) begonnen. Vergr. 5 : 1.

Fig. 18b. Blatt σ (von Fig. 18) aufgerollt. c vom Brandmycel durchsetzte Stellen der Blattspreite. (Die feineren gekrümmten Linien deuten die früheren Faltungen der Spreite an. Vergl. Fig. 18.) Nat. Gr.

Fig. 18c. Querschnitt durch den Hauptsproß unmittelbar unter der Basis des Seitensprosses; bei c die korrespondierenden *Ustilago*-Wucherungen der Stengelrinde und der Hauptsproßscheide.

Fig. 19. *Fusarium*-Fäule als Folge einer Infektion durch *Ustilago cruenta* an der Basis eines Seitensprosses. Die Hauptsproßscheide ist bei a gekappt und ein Stück (s) der letzteren bis zur Scheidenbasis (b) ausgeschnitten worden, um die Infektionsstelle freizulegen. k Knoten des Hauptsprosses; c und c_1 korrespondierende Faulstellen (Korrosionen) der Stengelrinde und der Hauptsproßscheide. Nat. Gr.

Fig. 20. Spaltöffnung auf der Epidermis der Scheideninnenseite. Der Epidermis aufgelagert Bakterienschleim. Über der Spaltöffnung starke Ansammlung („Hof") von Bakterien. Letztere sind bereits in die Atemhöhle eingedrungen. Vergr. 300 : 1.

Fig. 21. *Fusarium*- und Bakterienfäule. Querschnitt durch die Stengelrinde, ausgeführt an der Stelle c von Fig. 19. Dickwandiges verholztes Parenchym unter der Epidermis in Zersetzung begriffen. Die Zellen sind zum Teil aus dem Gewebeverbande gelöst und werden von Bakterienschleim und konidienbildenden *Fusarium*-Hyphen durchsetzt und umhüllt. Vergr. 370 : 1.

Figurenerklärung zu Tafel VI.

Mit Ausnahme der Fig. 5 und 13 stellen sämtliche Abbildungen die natürliche Größe dar.

Fig. 1 und 2. Bakteriose der Blattscheide (Innenseite), auf Fig. 1 im Beginn, auf Fig. 2 in vorgeschrittenem Stadium der Infektion, an aufgerollten Scheiden dargestellt. Auf Fig. 2 sind die Scheidenränder ein wenig umgeschlagen, um zu zeigen, daß die Verfärbungen der Außenseite nicht immer mit denen der Innenseite korrespondieren.

Fig. 3. Stark vorgeschrittene Bakteriose der Blattscheide. Außenansicht.

Fig. 4. Lokale Rötungen der Stengelrinde, entstanden durch „Kontaktinfektion" von einer an Bakteriose erkrankten Scheide aus.

Fig. 5. Rotfärbung der Epidermis der Scheideninnenseite, hervorgerufen durch Verstopfung der Spaltöffnungen. Die Epidermis war mit einer (auf dem Bilde nicht dargestellten) dichten gelatinösen Schicht von Cikadensekret bedeckt. Vergr. 120 : 1.

Fig. 6. Von ***Busseola sorghicida*** Thur. angebohrtes Stengelglied. Auf dem Querschnitt ist die Höhlung im Mark, auf der Außenseite das Austrittsloch des Schmetterlings sichtbar.

Fig. 7.[1]) Ein anderes, von dem gleichen Bohrer befallenes Stengelstück, halbiert. In der Höhlung eine Raupe von *Busseola*, unten rechts das Bohrloch.

Fig. 8. *Sesamia nonagrioides* Lef., ausgewachsenes Tier.

Fig. 9. *Busseola sorghicida* Thur., ausgewachsenes Tier.

Fig. 10. Puppe von *Busseola sorghicida*.

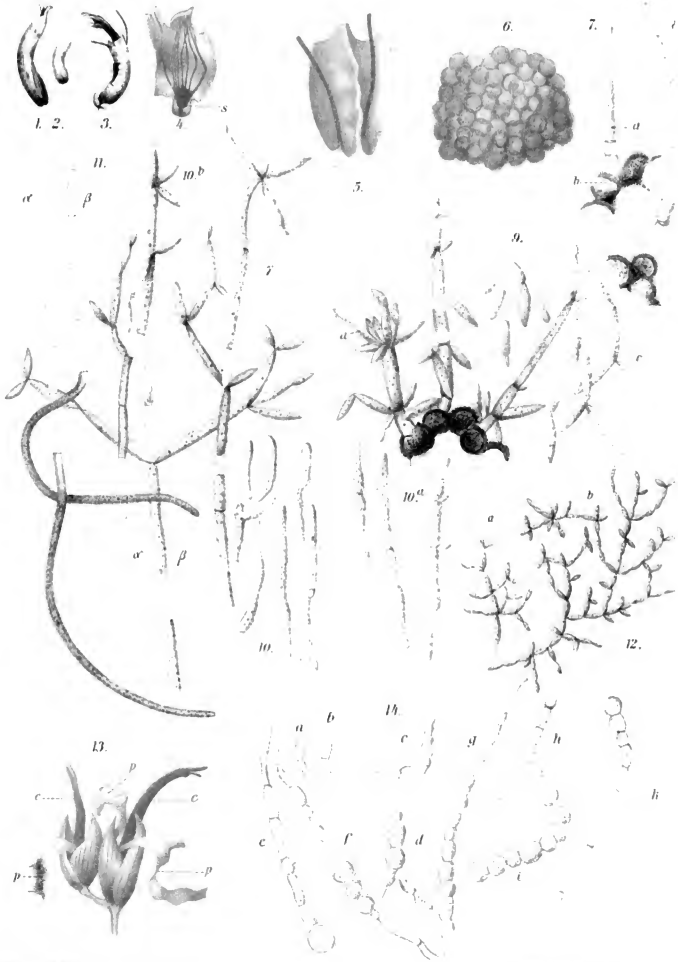
Fig. 11. Schwache Rötung des Markes, durch zwei Gefäßbündel fortgeleitet.

Fig. 12. Intensive Rötung des Markes, in den Gefäßbündeln durch den Knoten in das benachbarte Internodium übergeleitet.

Fig. 13. Rotfärbung, hervorgebracht durch künstliche Verstopfung der Spaltöffnungen mit Paraffin auf einer Blattspreite. Der Inhalt der Schließzellen ist bereits tief verfärbt, während sich die Rötung im übrigen erst allein auf die Membranen erstreckt. Vergr. 250 : 1.

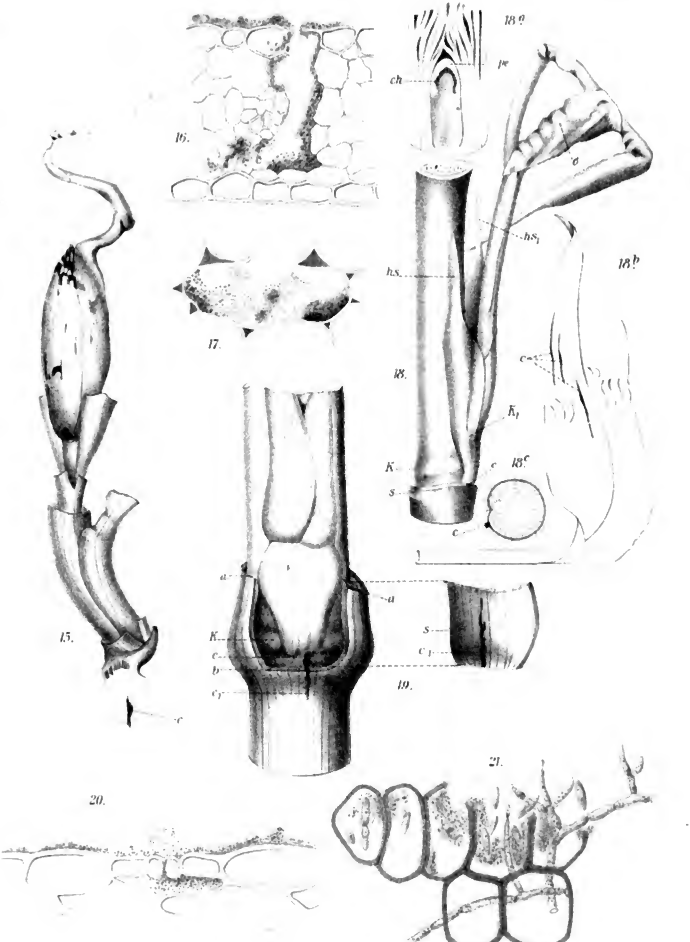
---

[1]) Die Fig. 7—10 hat Herr P. Flanderky in Berlin ausgeführt.

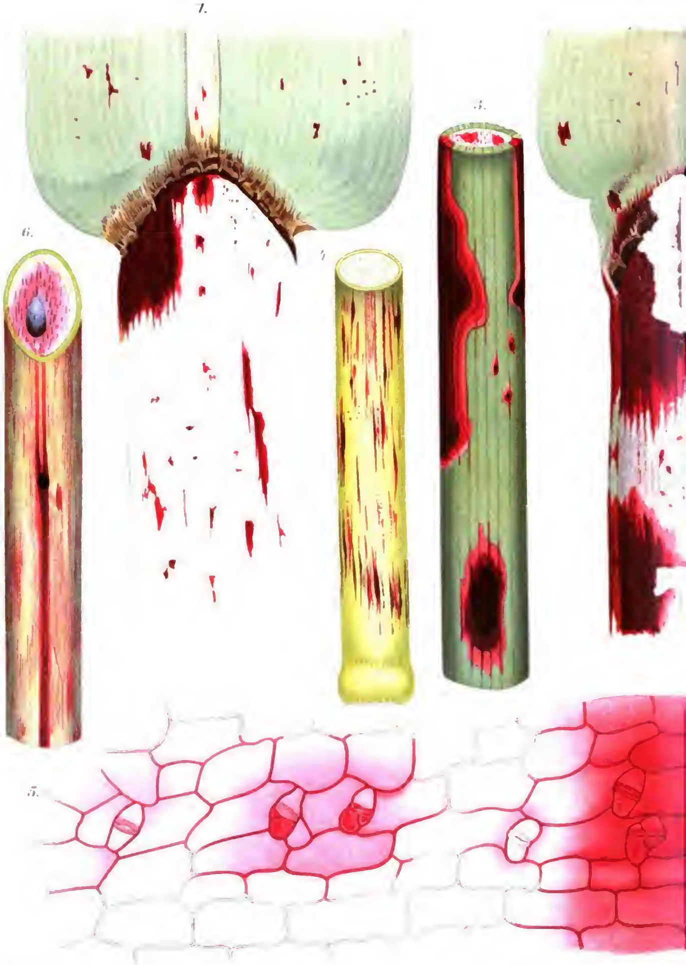


W. Busse ad Nat. gez.

Verlagsbuchhandlung Paul Parey - Ber



Verlagsbuchhandlung Julius Springer



W. Busse ad Nat. gem.

Verlagsbuchhandlung Paul Parey - Berlin

Taf. VI.



Verlagsbuchhandlung Julius Springer.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig